

再生混凝土承重砌块试验研究

白国良^{1,2},张锋剑^{1,3},安昱峰¹,肖 慧⁴,权宗刚⁴(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055;
3. 河南城建学院土木与材料工程系, 河南 平顶山 467000; 4. 西安墙体材料研究设计院, 陕西 西安 710061)

摘 要:通过对常用规格 190 单排孔再生混凝土砌块的试验研究, 找出了影响其抗压强度的主要因素, 在此基础上, 开发了一种抗压强度较高的 240 三排孔再生混凝土砌块. 通过试验选取几种优化配合比, 240 三排孔再生混凝土砌块的抗压强度分别能达到 MU5.0、MU7.5 及 MU10.0 强度等级, 可用于承重及有抗震要求的砌体结构. 由于三排孔再生混凝土砌块增加了热传导路径, 还具有一定的保温性能.

关键词:正交试验; 再生粗骨料; 再生细骨料; 再生混凝土砌块

中图分类号: TU522.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)01-0007-06

再生混凝土砌块是用建筑垃圾粉碎后的再生粗骨料及再生细骨料生产的一种绿色建筑产品. 我国是一个地震灾害多发的国家, 在地震中大量房屋破损、倒塌, 产生大量的建筑垃圾. 这些垃圾不仅占用宝贵的土地资源, 而且污染环境. 同时, 近年来我国城乡建设飞速发展, 大量房屋及基础建设不断更新, 随之产生的建筑垃圾也越来越多, 利用建筑垃圾生产再生骨料应用于再生混凝土及再生混凝土砌块是促进建筑业可持续循环发展的重要措施^[1-3]. 目前国内外对再生混凝土砌块有一些研究, 但尚不够深入^[4-5]. 本文先对常用的 190 单排孔再生混凝土砌块的规格及配合比进行研究, 掌握再生混凝土砌块配合比中影响强度因素的规律, 在此基础上开发一种新规格的 240 三排孔再生混凝土砌块. 试验结果表明, 如果选取合适的配合比, 三排孔再生混凝土砌块强度分别能达到 MU5.0、MU7.5 及 MU10.0 强度等级, 可根据具体需要选用不同的配合比, 以生产相应强度等级的再生混凝土砌块, 用于承重结构.

1 试验材料

水泥:陕西秦岭水泥厂生产的 PC32.5 复合硅酸盐水泥、PC42.5 复合硅酸盐水泥.

天然砂:取自渭河河砂, 细度模数 2.18.

天然粗骨料:取自渭河卵石, 粒径范围 5~10 mm.

再生粗、细骨料:由废旧混凝土经粉碎筛分生产而成. 用于生产再生骨料的废旧混凝土来自西安市某旧厂房拆除构件, 经颚式破碎机粉碎后进行筛分, 分别得到粒径范围 >10 mm, 5~10 mm, <5 mm 三种粒径的再生骨料. 本试验用的再生细骨料为粒径范围 <5 mm 再生骨料, 再生粗骨料选用 5~10 mm 的再生骨料.

再生骨料在生产过程中, 由机械力作用将废旧混凝土破碎, 机械力同时也造成再生骨料内部存在大量的微裂纹. 在粉碎废旧混凝土过程中, 还会产生大量的砂浆块, 一些再生骨料表面也粘结一些结合较弱的水泥砂浆, 同时生产过程中, 还会混合进去一些泥、木屑等杂质, 以上这些原因都使再生骨料的性能低于天然骨料的性能^[6]. 本试验所用骨料主要性能指标见表 1. 从表 1 中可以看出, 再生骨料的表观密度及堆积密度都低于天然骨料, 再生骨料的吸水率远大于天然骨料, 压碎指标也较天然骨料大.

收稿日期: 2010-03-08 **修改稿日期:** 2010-12-12

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BAK48B05); 陕西省自然科学基金研究计划重点资助项目(2009JZ012); 西安市工业应用技术研发资助项目(CXY09025(5))

作者简介: 白国良(1955-), 男, 陕西渭南人, 工学博士, 教授, 主要从事结构工程抗震及再生混凝土方面的研究.

表 1 骨料的基本性能指标

Tab. 1 Basic properties of aggregates

Aggregates	Diameter /mm	Apparent Density /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	bulk density /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Water Absorption /%	Crush index	Fineness modulus
Natural fine aggregates	<5	2 724. 8	1 448. 4	1. 02	—	2. 18
Natural coarse aggregates	5~10	2 801. 8	1 407. 0	0. 47	5. 99	—
Recycled fine aggregates	<5	2 489. 6	1 141. 5	10. 91	21. 70	2. 78
Recycled coarse aggregates	5~10	2 521. 7	1 096. 1	3. 50	24. 74	—

2 190 单排孔再生混凝土砌块试验

2.1 正交配合比试验

常用 190 单排孔再生混凝土砌块规格见图 1, 壁厚和肋厚都为 30 mm. 通过正交试验研究再生混凝土砌块配合比中, 四个主要因素(单位体积用水量、水灰比、再生粗骨料取代率及再生细骨料取代率)对再生混凝土砌块抗压强度的影响规律, 在此基础上, 找出这四种因素的最优配合比. 本次正交试验, 每个配合比砂率暂取 40%, 正交试验表采用 $L_9(3^4)$ 正交设计试验方案^[6]. 四因素三水平表见表 2, 正交试验表见表 3.

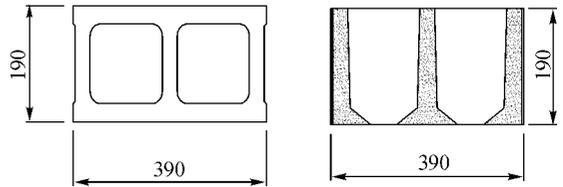


图 1 190 单排孔砌块规格

Fig. 1 190 single row hollow blocks

本次试验在西安市蓝绿清科技发展有限公司制作再生混凝土砌块, 所用砌块机为西安东方集团生产的砌块成型机. 每种配合比生产 5 块试件, 试件总数量共为 45 块. 抗压试验在无锡新路达设备有限公司生产的 RFP-03 型智能测力仪上进行, 试验过程严格按文献[7]《混凝土小型空心砌块试验方法》进行.

表 2 正交试验水平表

Tab. 2 The level table of orthogonal test

Levels	Water consumption /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Water cement ratio	Recycled coarse aggregate replacement ratio /%	Recycled fine aggregate replacement ratio /%
1	130	0. 4	40	40
2	140	0. 45	70	70
3	150	0. 5	100	100

表 3 正交试验表及试验结果

Tab. 3 The level table of orthogonal test

Serial number	A/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	B	C/%	D/%	Compressive strength/MPa
1	130	0. 4	40	40	5. 06
2	130	0. 45	70	70	2. 87
3	130	0. 5	100	100	1. 93
4	140	0. 4	70	100	3. 20
5	140	0. 45	100	40	3. 54
6	140	0. 5	40	70	3. 25
7	150	0. 4	100	70	3. 28
8	150	0. 45	40	100	3. 33
9	150	0. 5	70	40	4. 83

注: A 为 Water consumption; B 为 Water cement ratio; C 为 Recycled coarse aggregate replacement ratio; D 为 Recycled fine aggregate replacement ratio

2.2 正交试验结果分析

对正交试验结果表 3 进行极差分析见表 4,可知对于再生混凝土砌块四个影响因素中,D 的极差最大,即再生细骨料是影响抗压强度的主要因素.其次是 C 和 B 的极差,即再生粗骨料和水灰比是影响抗压强度的重要因素. A 的极差最小,即单位体积用水量是影响抗压强度的次要因素.故根据极差的大小顺序可知各因素影响再生混凝土砌块抗压强度的主次顺序为 DCBA. 通过极差分析 A3,B1,C1,D1 为四因素的最优组合,即用水量取 150 kg/m³,水灰比取 0.4,再生细骨料取代率和再生粗骨料取代率都取 40%.

根据正交试验分析结果,在本次正交试验中,A3,B1,C1,D1 组合为最优组合,这个组合在正交试验中并没有出现.在正交试验的 9 组配合比中,砂率都取 40%.为了考察最优组合及不同砂率对再生混凝土砌块抗压强度的影响,在正交试验的基础上,设计了 4 组不同砂率的 A3,B1,C1,D1 最优组合试验,砂率分别取 30%、40%、50%和 60%^[6].根据试验结果,砂率 40%时,再生混凝土砌块的抗压强度为 5.9 MPa,高于正交试验中的最高强度 5.06 MPa,说明 A3,B1,C1,D1 确实是正交试验的最优组合.当砂率 50%时,再生混凝土砌块的抗压强度为 6.2 MPa,在优化组合试验 4 个配合比中强度最高,故 50%为再生混凝土配合比的最优砂率.

通过正交试验及不同砂率的优化组合试验,用水量 150 kg/m³、水灰比 0.4、再生粗、细骨料取代率 40%、砂率 50%为再生混凝土砌块的最优配合比.190 单排孔再生混凝土砌块通过粗、细骨料的混合配料时,根据文献[8]《普通混凝土小型空心砌块》国家标准,其强度达到 MU5.0 等级.

3 240 三排孔再生混凝土砌块试验

3.1 规格选取

对于常用的 190 单排孔再生混凝土砌块,通过正交试验,选用最优配合比强度等级只能达到 MU5.0,刚刚达到承重砌块的最低要求.根据文献[9]《建筑抗震设计规范》GB5001—2001,第 3.9.2 条规定,若用于抗震结构,砌块的最低强度为 MU7.5,故单排孔再生混凝土砌块具有一定的局限性.且 190 单排孔再生混凝土砌块强度等级若要达到 MU5.0,天然骨料添加太多,再生骨料利用率不高,不能充分利用再生资源.为此同时考虑到再生混凝土砌块的保温性能,开发了一种 240 三排孔再生混凝土砌块,尺寸规格见图 2 所示.此种砌块的孔型最大限度的增加了热传导路径,具有一定的保温性能,最小壁厚及最小肋厚都符合《普通混凝土小型空心砌块》要求.

3.2 配合比选取

根据前面 190 单排孔配合比正交试验及优化试验结果,选取 240 三排孔再生混凝土砌块配合比.

再生细骨料:由前面 190 单排孔再生混凝土砌块正交试验分析结果,再生细骨料是影响再生混凝土砌块的主要因素,根据正交试验取得的结果,再生细骨料取代率控制在 40%以内对再生混凝土砌块强度影响较小,同时为了做对比试验,在 240 三排孔再生混凝土砌块配合比中,细骨料分别选取三种,即再生骨料取代率 0%(全部用天然细骨料),再生骨料取代率 40%,再生骨料取代率 100%.

再生粗骨料:根据正交试验分析结果,再生粗骨料对再生混凝土砌块的抗压强度影响较小,为了充

表 4 抗压强度极差分析

Tab.4 The range analysis of compressive strength

	A	B	C	D
K1	9.86	11.54	11.64	13.43
K2	9.99	9.74	10.89	9.40
K3	11.44	10.00	8.74	8.46
k1	3.29	3.85	3.88	4.48
k2	3.33	3.25	3.63	3.13
k3	3.81	3.33	2.91	2.82
Range	0.48	0.60	0.97	1.66

注: K1、K2、K3 分别为因素 A、B、C、D 的第 1、2、3 水平所在的试验中对应的再生混凝土砌块抗压强度之和. k1、k2、k3 分别为 K1、K2、K3 对应的平均值.

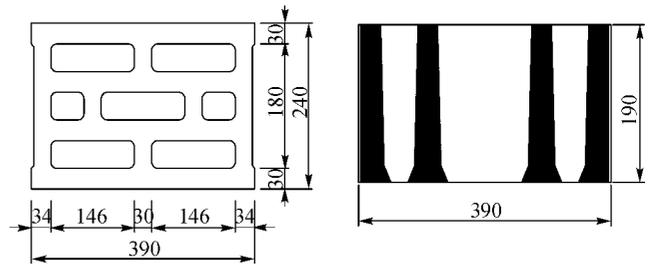


图 2 240 三排孔砌块规格

Fig.2 240 three-row hollow blocks

分利用再生骨料,在三排孔再生混凝土砌块中,粗骨料全部用再生粗骨料,即再生粗骨料取代率 100%。

单位用水量及水灰比:根据正交试验分析结果,用水量越大砌块强度越高,水灰比越小,再生混凝土砌块强度越高,同时考虑到生产成本及拌和混凝土的维勃稠度等因素,在三排孔再生混凝土砌块中,用水量选用 150 kg/m^3 ,水灰比选用 0.4。

砂率:根据正交试验优化配合比试验结果,砂率取 50%为最优砂率。由于优化配合比中的细骨料及粗骨料都为再生骨料与天然骨料的混合料,而再生骨料的表观密度及堆积密度都比天然骨料小,在三排孔再生混凝土砌块配合比中粗骨料全部用再生粗骨料的情况下,应根据粗细骨料的再生骨料取代率大小适当调整砂率。

水泥:选用两种不同标号的水泥做进行试验(32.5 水泥与 42.5 水泥),在再生混凝土砌块中考察水泥标号对其抗压强度的影响。

根据以上综合分析,240 三排孔再生混凝土砌块试验配合比见表 5。

表 5 三排孔再生混凝土砌块配合比及试验结果

Tab. 5 The mixture ratio of three-row recycled concrete hollow blocks and the results

Serial number	A/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	B	C/%	D/%	Sand ratio/%	Cement	Average compressive strength/MPa	Least compressive strength /MPa	Coefficient of variation /%
R01	150	0.4	100	100	45	32.5	5.8	4.7	15.95
R02	150	0.4	100	100	45	42.5	6.5	5.5	17.42
R03	150	0.4	100	40	50	32.5	7.1	6.0	13.91
R04	150	0.4	100	40	50	42.5	7.8	6.3	11.37
R05	150	0.4	100	0	55	32.5	8.8	8.5	3.67
R06	150	0.4	100	0	55	42.5	11.0	10.2	5.82

3.3 试件制作及抗压试验

利用本课题组自行设计的 240 三排孔模具,在西安市蓝绿清科技发展有限公司制作再生混凝土砌块,模具安装在西安东方集团生产的砌块成型机上。每个配合比生产 5 个试件,由于每个配合比混凝土用量较少,采用人工拌和混凝土,先把规定量的粗细骨料与水泥拌和,然后加水,直到拌和均匀为止。把拌和好的混凝土投入料斗,最后由砌块机挤压脱模成型。生产出的砌块用塑料薄膜覆盖,采用自然养护 28d,然后进行抗压试验(图 3)。



图 3 240 再生混凝土砌块抗压试验

Fig. 3 The compressing test of 240 three-row hollow blocks

再生混凝土砌块抗压试验,在西安建筑科技大学土木实验中心进行,所用抗压试验机为 RFP-03 型智能测力仪,试验过程严格遵守文献[7]《混凝土小型空心砌块试验方法》。每个砌块记录最大荷载 P ,然后根据 P 换算成再生混凝土砌块的抗压强度,每个配合比取 5 个试件平均值,试验结果见表 5。

3.4 试验现象

加载前期,随着荷载增加,压力机的读数均匀增加,试件表面无任何变化。当压力达到极限荷载的 70%左右,在试件表面会出现细微裂纹,此时压力机读数增速变缓。随着压力进一步增加,已有的裂缝逐渐变大,且出现一些新的裂纹,当压力达到极限荷载时,再生混凝土砌块沿几条主裂缝破坏。

三排孔再生混凝土砌块破坏面在砌块的不同部位是不同的。在砌块的顶面,在破坏过程中,先出现细微的竖向裂纹,随着压力增大,竖向裂纹形成通缝,最后顶面被分成数个大小不等的短柱而破坏。在再生混凝土砌块的条面,抗压试验过程中,先出现水平的细微裂纹,最后表面混凝土压碎脱落,形成两个对顶的锥型破坏面。在再生混凝土砌块的中肋与砌块条面破坏形式相同,也是形成两个对顶的锥形破坏面而破坏。再生混凝土三个不同部位破坏面见图 4。

在砌块的断裂面,由于再生骨料的强度较弱,大部分再生骨料被直接截断,少部分是由粗骨料与水



图 4 再生混凝土砌块不同部位典型的破坏面

Fig.4 The typical breaking face of recycled concrete hollow blocks

泥胶体的接合面断开。

部分试件由于生产过程中,由于生产工艺要求在砌块两个顶面存在工艺槽,工艺槽的存在使砌块生产过程中容易沿此槽形成细微的竖向裂纹.试验结果表明,这些细微的竖向裂纹的存在,对再生混凝土砌块的抗压强度基本没有影响。

3.5 试验结果分析

根据实验结果表 5,画出再生混凝土砌块强度与再生骨料取代率之间的关系(图 5),并对 240 三排孔再生混凝土砌块试验结果进行分析。

(1)配合比 R01、R02 粗、细骨料全部为再生骨料,其抗压强度也比其余四个混合配料的强度低,这说明再生细骨料对再生混凝土砌块的抗压强度影响较大,R01 用的是 32.5 水泥,R02 用的是 42.5 水泥,但其强度无论是用 32.5 水泥还是 42.5 水泥都达到了 MU5.0 强度等级要求.如果想要获得 MU5.0 强度等级的再生混凝土砌块,建议用 R01 配合比,因其粗、细骨料都为再生骨料,再生资源利用率较高,且其用的是 PC32.5 水泥,成本也相对低一些。

(2)R03、R04 配合比,其粗骨料全部为再生骨料,细骨料为再生骨料与天然骨料的混合料,强度比 R01、R02 有了较大的提高,R04 配合比达到了 MU7.5 强度等级要求,已可用于有抗震要求的砌体结构中。

(3)R05、R06 粗骨料也全部为再生粗骨料,细骨料全部采用天然细骨料,把再生混凝土砌块中影响最大的因素完全消除掉,其抗压强度也得到了大幅度提升,用 32.5 水泥,可达到 MU7.5 强度等级,用 42.5 水泥达到 MU10.0 强度等级。

在此六个配合比中,通过再生细骨料的取代率变化,及水泥标号的调整,获得了不同强度等级的再生混凝土砌块,最低强度 MU5.0,最高强度等级 MU10.0,可根据不同的需要,选用不同强度等级配合比。

在试验结果表 5 中,各个配合比的变异系数也有差别,根据再生细骨料取代率不同及不同的水泥等级,画出变异系数与再生细骨料取代率的关系曲线图,如图 6 所示.从图 6 中可以看出,无论是 32.5 水泥还是 42.5 水泥,再生混凝土砌块的变异系数,都随再生细骨料取代率的增加成线性增加趋势.配合比 R05、R06 变异系数仅 5%左右,远远小于 R01~R04 配合比中有再生细骨料参与的配合比.说明再生细骨料的存在,增大了再生混凝土砌块的变异系数,增加了再生混凝土砌块质量稳定控制的难度.在文献[8]《普通混凝土小型空心砌块》及文献[10]《轻集料混凝土小型空心砌块》中,只限制了相应强度等级的平均强度及单块最小强度,没有对变异系数做具体的规定,

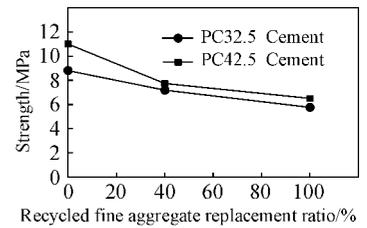


图 5 再生混凝土砌块强度与再生细骨料取代率关系图

Fig.5 Strength of recycled fine aggregate

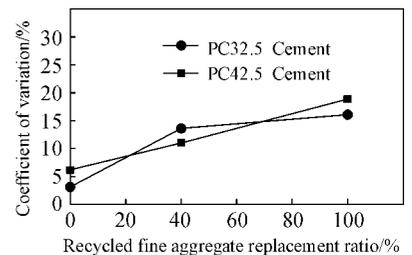


图 6 变异系数与再生细骨料取代率关系图

Fig.6 The variation diagram of coefficient of recycled fine aggregate

对于再生混凝土砌块,建议做更多的试验,对其变异系数给一个合理限值,保证其质量稳定性。

从试验结果表5中可以看出,42.5水泥同32.5水泥相比,在集料完全相同的情况下,再生混凝土砌块的抗压强度都有所提高,但提高幅度随着再生细骨料参量的不同而不同。再生细骨料的存在,42.5水泥比32.5水泥强度只提高了10%左右,而在R05与R06对比中,强度提高超过20%。故再生细骨料的存在,限制了高标号水泥的作用发挥。

4 结 论

(1)通过190单排孔再生混凝土砌块的试验,找出了影响再生混凝土砌块配合比中,各个因素影响其抗压强度的规律,确定了最优配合比。

(2)对于240三排孔再生混凝土砌块,其强度达到了承重砌块及抗震结构要求。从经济及实用两方面考虑,建议用R01配合比生产MU5.0强度等级的再生混凝土砌块;R04配合比生产MU7.5等级的再生混凝土砌块;R06生产MU10.0等级的再生混凝土砌块。

(3)再生细骨料的存在限制了高标号水泥作用发挥,在配合比中,如果再生细骨料含量较多,建议用低标号水泥。

(4)再生细骨料含量增加了再生混凝土砌块的变异系数,为了控制再生混凝土砌块的质量稳定性,应做更多的试验研究,给出再生混凝土砌块变异系数一个合适的限值。

参考文献 References

- [1] 徐平,张敏霞. 我国建筑垃圾再生资源化分析[J]. 能源环境保护, 2009(2): 24-26.
XU Ping, ZHANG Min-xia. Analysis on the regeneration of building garbage in China [J]. Energy Environmental Protection, 2009(2):24-26.
- [2] 余晓峰,姚谦峰. 再生混凝土密肋复合墙体受力性能试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版, 2009, 41(12):827-830.
YU Xiao-feng, YAO Qian-feng. Mechanical characteristics and analyses of seismic performance of multi-rib slab wall[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2009, 41(12): 827-830.
- [3] FARID D, SAID K. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(22):886-893.
- [4] POON C S, LAM L. Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks[J]. Construction and Building Materials, 2002, 16(5):281-289.
- [5] 周贤文. 再生骨料混凝土空心砌块的实验研究[J]. 混凝土, 2007(5):89-91.
ZHOU Xian-wen. Experimental study on application of recycled aggregates to produce concrete hollow blocks [J]. Concrete, 2007(5):89-91.
- [6] 白国良,张锋剑,刘超,等. 地震灾区重建大板组合装配结构体系房屋示范研究报告[R]. 西安:西安建筑科技大学,西安墙体材料研究设计院, 2008.
BAI Guo-ling, ZHANG Feng-jian, LIU Chao, et al. The research paper of assembling slabs structural system buildings in rebuilding quake-hit area[R]. Xi'an: Xi'an Research and Design Institute of wall & Roof Materials, Xi'an University of Architecture and Technology, 2008.
- [7] GB/T 4111-1997 混凝土小型空心砌块试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
GB/T 4111-1997 Test methods for the small concrete hollow block [S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [8] GB 8239-1997 普通混凝土小型空心砌块 [S]. 北京:中国标准出版社, 1997.
GB 8239-1997 Normal concrete small hollow block [S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.
- [9] GB5001-2001 建筑抗震设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008.
GB5001-2001 Code for seismic design of buildings[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008.
- [10] GB/T15229-2002 轻集料混凝土小型空心砌块[S]. 北京:中国标准出版社, 1997.
GB/T15229-2002 Light aggregate concrete small hollow block[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.

(下转第017页)

Research on uniaxial tensile dynamic constitutive model of PHC piles based on damage

ZHU Jian-xin^{1,2}, DING Qu^{1,2}, ZHANG Qiu-yang¹, GUO Xin-hua¹

(1. Key Laboratory of Modern Complex Equipment Design and Extreme Manufacturing, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Hunan Sunward Intelligent Machinery Co., LTD. Changsha 410100, China)

Abstract: Based on the strain rate enhancement factor, damage weakening factor and pre-stressed enhancement factor, this paper has analyzed their impact on the strength of pre-stressed concrete and established a uniaxial tensile dynamic constitutive model which is used to describe the impact properties of PHC piles under impact load. The model simulation results were compared with the experimental results, which shows that the results indicated by this model is good agreement with the deformation trend and agreement with the experimental results in numerical accuracy. The results of this paper can provide the basis for controlling the vibration parameters in the process of vibrating pile.

Key words: PHC piles; Pre-stressed concrete; damage; uniaxial tension; dynamic constitutive model

Biography: ZHU Jian-xin, Ph. D., Prof. Changsha 410100, P. R. China, Tel: 0086-15973119881, E-mail: dingqu2008@163.com

(上接第 012 页)

The research of recycled bearing concrete hollow blocks

BAI Guo-liang^{1,2}, ZHANG Feng-jian^{1,3}, AN Yu-yi¹, XIAO Hui⁴, QUAN Zong-gang⁴

(1. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. State key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China (XAUAT), Xi'an 710055, China;

3. Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467000, China;

4. Xi'an Research and Design Institute of wall & Roof Materials, Xi'an 710061, China)

Abstract: From the test of the 190 single row recycled concrete hollow blocks, the effect of the main factors of recycled concrete hollow blocks is obviously identified. A new kind of 240 three-row hollow blocks is made on this basis. Its impressing strength can come up to MU5.0, MU7.5 and MU10.0 from the test of right mixture ratio. They can be used in bearing masonry structure and earthquake resistant masonry structure. As the three-row hollow blocks have longer heat conduction route, they have better thermal insulation performance.

Key words: Orthogonal test; recycled coarse aggregate; recycled fine aggregate; recycled concrete block

Biography: BAI Guo-liang, Ph. D., Proessor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-13609123149, E-mail: guoliangbai@126.com