



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109231902 B

(45) 授权公告日 2021.04.13

(21) 申请号 201811245381.4

审查员 何汀

(22) 申请日 2018.10.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109231902 A

(43) 申请公布日 2019.01.18

(73) 专利权人 西交利物浦大学

地址 215000 江苏省苏州市工业园区仁爱路111号

(72) 发明人 程志翔 王欣弋

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务有限公司 32103

代理人 范晴 吴音

(51) Int. Cl.

C04B 28/00 (2006.01)

G05D 11/00 (2006.01)

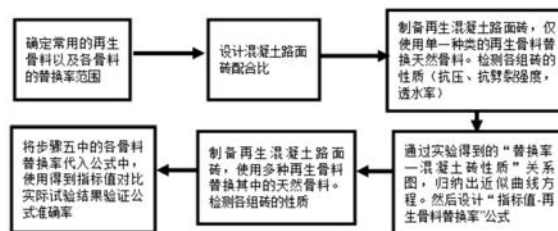
权利要求书2页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

一种再生混凝土路面砖的配比和制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种再生混凝土路面砖的配比和制备方法,其特征在于:再生混凝土路面砖中成分包括无机胶凝材料、混凝土掺合料、骨料和水;所述骨料包括粗骨料和细骨料;所述粗骨料包括天然粗骨料、再生混凝土粗骨料和碎钢化玻璃粗骨料;所述细骨料包括天然细骨料和再生混凝土细骨料;所述无机胶凝材料包括水泥;所述混凝土掺合料包括粒化高炉矿渣粉;制备方法包括(1)原料制备、(2)原料搅拌、(3)制砖成型和(4)恒温养护。本发明利用二次废料作为原材料可以减小生产成本,更加绿色环保;运用公式可以精准确定各组分比例,提高生产效率;利用公式在确定配比后,可以计算按此配比制备的路面砖的各种性能,节省测试性能的时间和成本;制备方法步骤简单,效率高,质量好。



1. 一种再生混凝土路面砖的配比方法,其特征在于:再生混凝土路面砖中成分包括无机胶凝材料、混凝土掺合料、骨料和水;所述再生混凝土路面砖的配比为:所述无机胶凝材料包括水泥;所述骨料用量与水泥用量的比为4~6:1;水的用量与水泥的用量比例为1:1~3;所述骨料包括粗骨料和细骨料;所述粗骨料包括天然粗骨料、再生混凝土粗骨料和碎钢化玻璃粗骨料;所述细骨料包括天然细骨料和再生混凝土细骨料;所述再生混凝土粗骨料的用量为粗骨料用量的0%-100%;所述再生混凝土细骨料的用量为细骨料用量的0%-100%;所述碎钢化玻璃粗骨料的用量为粗骨料用量的0%-100%;所述混凝土掺合料包括粒化高炉矿渣粉;所述粒化高炉矿渣粉的用量为无机胶凝材料用量与混凝土掺合料用量之和的0%-100%;

所述路面砖的成分配比按照以下再生骨料替换率公式计算:

$$D_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{t=1}^4 Z_{it} \cdot \left(\frac{P_{tji} - M_{sji}}{M_{0ji}} \right)$$

$$\text{或: } D_i = Z_1 \left(\frac{P_{1i} - M_{s1i}}{M_{01i}} \right) + Z_2 \left(\frac{P_{2i} - M_{s2i}}{M_{02i}} \right) + Z_3 \left(\frac{P_{3i} - M_{s3i}}{M_{03i}} \right) + Z_4 \left(\frac{P_{4i} - M_{s4i}}{M_{04i}} \right);$$

其中: D_i 代表混凝土砖的三种性质, D_1 为抗压强度, D_2 为抗劈裂强度, D_3 为吸水率; P_{tji} 代表混凝土路面砖的第*i*种性质的公式中,每种再生骨料的含量对该种性质的影响关系式; P_{1i} 中的变量为再生混凝土粗骨料的用量, P_{2i} 中的变量为再生混凝土细骨料的用量; P_{3i} 中的变量为碎钢化玻璃的用量; P_{4i} 中变量为粒化高炉矿渣的用量; M_{sji} 表示国家规范要求的第*i*种性质的最低值,而 M_{0ji} 表示的为使用天然骨料制备的混凝土砖第*i*种性质的值; Z_{it} 表示各项子方程在公式中所占的比重值,因为实验中制备和养护的流程一致,温度和湿度控制为恒定,且每种再生骨料与天然骨料间的替换量单位均为质量单位,故各项 Z_{it} 的值均为1;

再生骨料的替换率与混凝土砖的性质关系方程如下:

抗压强度 (D_1):

$$P_{11} = -20.96 (\text{RCCA}\%)^2 + 1.38 (\text{RCCA}\%) + 40.55$$

$$P_{21} = -56.45 (\text{RCFA}\%) + 40.180$$

$$P_{31} = -13.97 (\text{CG}\%)^2 + 10.35 (\text{CG}\%) + 41.18$$

$$P_{41} = -39.56 (\text{GGBS}\%)^2 + 14.38 (\text{GGBS}\%) + 40.83;$$

抗劈裂强度 (D_2):

$$P_{12} = -4.23 (\text{RCCA}\%)^2 - 0.79 (\text{RCCA}\%) + 11.53$$

$$P_{22} = -60.54 (\text{RCFA}\%)^2 + 5.94 (\text{RCFA}\%) + 11.21$$

$$P_{32} = -9 (\text{CG}\%)^2 + 6.75 (\text{CG}\%) + 11.58$$

$$P_{42} = -22.78 (\text{GGBS}\%)^2 + 13.83 (\text{GGBS}\%) + 11.22;$$

吸水率 (D_3):

$$P_{13} = 0.038 (\text{RCCA}\%) + 0.037$$

$$P_{23} = 0.133 (\text{RCFA}\%)^2 - 0.006 (\text{RCFA}\%) + 0.039$$

$$P_{33} = -0.008 (\text{CG}\%) + 0.037$$

$$P_{43} = 0.039 (\text{GGBS}\%)^2 - 0.022 (\text{GGBS}\%) + 0.039$$

其中:RCCA为再生混凝土粗骨料,RCFA为再生混凝土细骨料,CG为碎钢化玻璃粗骨料,

GGBS为粒化高炉矿渣粉。

2. 使用如权利要求1所述的一种再生混凝土路面砖的配比方法的一种再生混凝土路面砖的制备方法,其特征在于:具体步骤包括:

(1) 原料制备:按照比例配比水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉和水;

(2) 原料搅拌:将步骤(1)制备的水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉放入到混凝土搅拌机中进行搅拌20秒~40秒,再加入水继续搅拌100秒~140秒;

(3) 制砖成型:将步骤(2)搅拌好的混凝土拌合物放入液压成型制砖机中,压制成混凝土砖块;

(4) 恒温养护:步骤(3)将压制成型的砖块放入温度为10~30℃,湿度为50~80%的恒温温室中养护25~30天。

一种再生混凝土路面砖的配比和制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用再生料替换天然料的路面砖的配比和制备方法。

背景技术

[0002] 随着经济的飞速发展以及各种基础设施的不断建设,在满足人们日益增长的生活需求的同时,也产生出了各种资源与环境的问题。其中,如何处理在基础设施建设以及房屋建造过程中产生的大量建筑垃圾,成为了一个重要的课题。传统的丢弃并填埋的处理方式会产生严重的环境问题以及资源浪费,影响国家的可持续发展战略。因此,利用废弃的建筑材料,对其进行处理和再加工,使这些废料作为再生骨料浇筑成混凝土产品成为了土木工程专业的研究方向之一。

[0003] 目前对再生骨料的研究与应用多指再生混凝土骨料。再生混凝土骨料一般多为将废弃的混凝土构件或产品进行破碎、筛分、清洗后的建筑材料。目前市面上已有公司使用再生混凝土骨料生产混凝土产品,例如再生混凝土路面砖,再生混凝土砌块等等。然而,建筑废料不仅包含损坏或废弃的混凝土产品,在建筑和装修过程中产生的其他材料,例如碎玻璃,碎橡胶等同样属于建筑废料的范畴。而目前利用这些建筑废料作为骨料来制作混凝土产品的研究并不多见。另一方面,即使是再生混凝土骨料,也不能完全保证骨料中只含有混凝土碎块,碎砖块、碎玻璃、沥青碎料等等废料都有可能混入其中。因此,研究包含多种再生骨料的混凝土产品的性质更符合实际,也更满足工业生产的需求。

[0004] 相较于天然骨料,再生骨料具有骨料压碎值偏低、骨料级配不好、骨料的表观密度偏小以及吸水率偏大的缺点。因此,对于使用建筑废料作为骨料的混凝土产品,在同样的配合比的情况下,产品强度和性质要略逊于使用天然骨料作为骨料的产品。所以现在再生骨料大多被用于制作一些强度等级要求较低的产品,例如混凝土路面砖和混凝土砌块。而这些混凝土产品的强度是否满足国家标准的要求也就成为检验再生混凝土产品的重要标准。

发明内容

[0005] 本发明目的是:提供了一种利用二次废料代替天然骨料的,运用公式确定路面砖的各组分配比的方式和用二次废料制备路面砖的方法。

[0006] 本发明的技术方案是:一种再生混凝土路面砖的配比方法,其特征在于:再生混凝土路面砖中成分包括无机胶凝材料、混凝土掺合料、骨料和水;所述再生混凝土路面砖的配比为:所述无机胶凝材料包括水泥;所述骨料用量与水泥用量的比为4~6:1;水的用量与水泥的用量比例为1:1~3;所述骨料包括粗骨料和细骨料;所述粗骨料包括天然粗骨料、再生混凝土粗骨料和碎钢化玻璃粗骨料;所述细骨料包括天然细骨料和再生混凝土细骨料;所述再生混凝土粗骨料的用量为粗骨料用量的0%-100%;所述再生混凝土细骨料的用量为细骨料用量的0%-100%;所述碎钢化玻璃粗骨料的用量为粗骨料用量的0%-100%;所述混凝土掺合料包括粒化高炉矿渣粉;所述粒化高炉矿渣粉的用量为无机胶凝材料用量与混凝土掺合料用量之和的0%-100%。

[0007] 优选的,所述路面砖的成分配比按照以下再生骨料替换率公式计算:

$$[0008] \quad D_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{t=1}^4 Z_{it} \cdot \left(\frac{P_{tji} - M_{sji}}{M_{0ji}} \right)$$

$$[0009] \quad \text{或: } D_i = Z_1 \left(\frac{P_{1i} - M_{s1i}}{M_{01i}} \right) + Z_2 \left(\frac{P_{2i} - M_{s2i}}{M_{02i}} \right) + Z_3 \left(\frac{P_{3i} - M_{s3i}}{M_{03i}} \right) + Z_4 \left(\frac{P_{4i} - M_{s4i}}{M_{04i}} \right);$$

[0010] 其中: D_i 代表混凝土砖的三种性质。 D_1 为抗压强度, D_2 为抗劈裂强度, D_3 为吸水率; P_{tji} 代表混凝土路面砖的第*i*种性质的公式中,每种再生骨料的含量对该种性质的影响关系式; P_{1i} 中的变量为再生混凝土粗骨料的用量, P_{2i} 中的变量为再生混凝土细骨料的用量; P_{3i} 中的变量为碎钢化玻璃的用量; P_{4i} 中变量为粒化高炉矿渣的用量; M_{sji} 表示国家规范要求的第*i*种性质的最低值,而 M_{0ji} 表示的为使用天然骨料制备的混凝土砖第*i*种性质的值; Z_{it} 表示各项子方程在公式中所占的比重值。因为实验中制备和养护的流程一致,温度和湿度控制为恒定,且每种再生骨料与天然骨料间的替换量单位均为质量单位,故各项 Z_{it} 的值均为1。

[0011] 一种再生混凝土路面砖的制备方法,具体步骤包括:

[0012] (1) 原料制备:按照比例配比水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉和水;

[0013] (2) 原料搅拌:将步骤(1)制备的水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉放入到混凝土搅拌机中进行搅拌20秒~40秒,再加入水继续搅拌100秒~140秒;

[0014] (3) 制砖成型:将步骤(2)搅拌好的混凝土拌合物放入液压成型制砖机中,压制成型混凝土砖块;

[0015] (4) 恒温养护:步骤(3)将压制成型的砖块放入温度为10~30℃,湿度为50~80%的恒温室中养护25~30天。

[0016] 本发明的优点是:

[0017] 1、利用二次废料作为原材料,可以减小生产成本,更加绿色环保;

[0018] 2、运用公式可以精准确定各组分比例,提高生产效率;

[0019] 3、利用公式在确定配比后,可以计算按此配比制备的路面砖的各种性能,节省测试性能的时间和成本;

[0020] 4、制备方法步骤简单,效率高,质量好。

附图说明

[0021] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0022] 图1本发明所述的一种再生混凝土路面砖的配比及制备方法的研究流程框架图;

[0023] 图2本发明所述的一种再生混凝土路面砖的配比及制备方法的制备流程框架图。

具体实施方式

[0024] 实施例一:

[0025] 一种再生混凝土路面砖的配比方法再生混凝土路面砖中成分包括无机胶凝材料、混凝土掺合料、骨料和水;所述再生混凝土路面砖的配比为:所述无机胶凝材料包括水泥;

所述骨料用量与水泥用量的比为5.047:1;水的用量与水泥的用量比例为1:2.63;所述骨料包括粗骨料和细骨料;所述粗骨料包括天然粗骨料、再生混凝土粗骨料和碎钢化玻璃粗骨料;所述细骨料包括天然细骨料和再生混凝土细骨料;所述再生混凝土粗骨料的用量为粗骨料用量的20%-100%;所述再生混凝土细骨料的用量为细骨料用量的10%-30%;所述碎钢化玻璃粗骨料的用量为粗骨料用量的10%-60%;所述混凝土掺合料包括粒化高炉矿渣粉;所述粒化高炉矿渣粉的用量为无机胶凝材料用量与混凝土掺合料用量之和的30%-70%。

[0026] 所述路面砖的原料配比按照以下再生骨料替换率公式计算:

$$[0027] \quad D_i = \sum_{t=1}^3 \sum_{s=1}^4 Z_{ts} \cdot \left(\frac{P_{tsi} - M_{si}}{M_{0i}} \right)$$

$$[0028] \quad \text{或: } D_i = Z_1 \left(\frac{P_{1i} - M_{si}}{M_{0i}} \right) + Z_2 \left(\frac{P_{2i} - M_{si}}{M_{0i}} \right) + Z_3 \left(\frac{P_{3i} - M_{si}}{M_{0i}} \right) + Z_4 \left(\frac{P_{4i} - M_{si}}{M_{0i}} \right);$$

[0029] 其中: D_i 代表混凝土砖的三种性质。 D_1 为抗压强度, D_2 为抗劈裂强度, D_3 为吸水率; P_{tsi} 代表混凝土路面砖的第*i*种性质的公式中,每种再生骨料的含量对该种性质的影响关系式; P_{1i} 中的变量为再生混凝土粗骨料的用量, P_{2i} 中的变量为再生混凝土细骨料的用量; P_{3i} 中的变量为碎钢化玻璃的用量; P_{4i} 中变量为粒化高炉矿渣的用量; M_{si} 表示国家规范要求的第*i*种性质的最低值,而 M_{0i} 表示的为使用天然骨料制备的混凝土砖第*i*种性质的值; Z_i 表示各项子方程在公式中所占的比重值。因为实验中制备和养护的流程一致,温度和湿度控制为恒定,且每种再生骨料与天然骨料间的替换量单位均为质量单位,故各项 Z_i 的值均为1。

[0030] 一种再生混凝土路面砖的制备方法,具体步骤包括:

[0031] (1) 原料制备:按照比例配比水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉和水;

[0032] (2) 原料搅拌:将步骤(1)制备的水泥、天然粗骨料、天然细骨料、再生混凝土粗骨料、再生混凝土细骨料、碎钢化玻璃粗骨料、粒化高炉矿渣粉放入到混凝土搅拌机中进行搅拌30秒,再加入水继续搅拌120秒;

[0033] (3) 制砖成型:将步骤(2)搅拌好的混凝土拌合物放入液压成型制砖机中,压制尺寸为200×100×60mm混凝土砖块;

[0034] (4) 恒温养护:步骤(3)将压制成型的砖块放入温度为20℃,湿度为50%的恒温室中养护28天。

[0035] 第一部分的混凝土配合比如表1所示:

[0036]

组号	水泥/骨料	水/水泥	粗骨料/细骨料	再生混凝土粗骨料 (RCCA)	再生混凝土细骨料 (RCFA)	碎钢化玻璃粗骨料 (CG)	粒化高炉矿渣粉 (GGBS)
1	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	0%	0%
2	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	20%	0%	0%	0%
3	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	40%	0%	0%	0%
4	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	60%	0%	0%	0%
5	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	80%	0%	0%	0%
6	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	100%	0%	0%	0%
7	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	10%	0%	0%
8	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	20%	0%	0%
9	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	30%	0%	0%
10	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	10%	0%
11	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	20%	0%
12	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	30%	0%
13	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	40%	0%
14	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	60%	0%
15	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	0%	30%
16	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	0%	50%
17	1: 5.047	1: 2.63	1: 1	0%	0%	0%	70%

[0037] 表1中第四列“粗骨料/细骨料”指粗骨料的总用量与细骨料的总用量,而后几列中每行的数值表示替换天然粗/细骨料或者水泥的百分比。其中再生混凝土粗骨料、碎钢化玻璃粗骨料用来替代天然粗骨料,而再生混凝土细骨料用来替代天然细骨料,而粒化高炉矿渣粉用来替代水泥。

[0038] 表1第一部分混凝土砖试验结果如表2所示:

[0039]

组号	抗压强度 (MPa)	抗劈裂强度 (MPa)	吸水率 (%)
1	41.07	11.34	3.89%
2	38.04	11.73	3.91%
3	40.38	10.24	5.40%
4	32.38	9.64	6.20%
5	28.41	8.88	6.30%
6	21.04	6.37	7.60%

7	32.51	10.80	3.90%
8	30.27	10.37	4.34%
9	23.00	7.41	4.87%
10	41.85	12.39	3.50%
11	43.45	12.67	3.24%
12	42.90	11.38	3.65%
13	42.59	12.79	3.72%
14	42.53	12.38	3.10%
15	40.53	12.81	3.58%
16	39.39	13.06	3.77%
17	31.06	9.53	4.26%

[0040] 根据实验可以得到每种配比的混凝土砖的三种性质的数值,并由此可绘制出砖的性质随再生骨料的替换率而变化的实验曲线图。然后拟合出实验结果的趋势线并得到趋势线方程。

[0041] 由于趋势线不可能完全拟合实验曲线并把所有实验结果包含在内,故需做出实验曲线的上下限方程。具体做法为:分段计算出实验曲线的方程,并用每段实验曲线的方程与趋势线方程做差并进行微分计算,求得微分方程为0时的自变量横坐标值。当自变量取此值时,实验曲线的上/下限方程与趋势线的方程之差的绝对值最大。将该横坐标值代入实际实验曲线方程中求得因变量数值,然后将这两数值代入趋势线方程中求得常数K。原趋势线方程加常数K值即为实验曲线的上/下限方程。

[0042] 最终可得每种再生骨料的替换率与混凝土砖的性质关系方程如下,其中 P_{ti} 表示趋势线方程, $P_{ti}(up)$ 表示实验曲线上限方程, $P_{ti}(low)$ 表示实验曲线下限方程。关于方程中的系数精确度,则是由实验测试仪器的精度决定:

[0043] 1. 抗压强度 (D_1):

[0044] $P_{11} = -20.96 (RCCA\%)^2 + 1.38 (RCCA\%) + 40.55$

[0045] $P_{11}(up) = -20.96 (RCCA\%)^2 + 1.38 (RCCA\%) + 43.2$

[0046] $P_{11}(low) = -20.96 (RCCA\%)^2 + 1.38 (RCCA\%) + 38.5$

[0047] $P_{21} = -56.45 (RCFA\%) + 40.180$

[0048] $P_{21}(up) = -56.45 (RCFA\%) + 41.57$

[0049] $P_{21}(low) = -56.45 (RCFA\%) + 38.15$

[0050] $P_{31} = -13.97 (CG\%)^2 + 10.35 (CG\%) + 41.18$

[0051] $P_{31}(up) = -13.97 (CG\%)^2 + 10.35 (CG\%) + 44.01$

[0052] $P_{31}(low) = -13.97 (CG\%)^2 + 10.35 (CG\%) + 40.68$

[0053] $P_{41} = -39.56 (GGBS\%)^2 + 14.38 (GGBS\%) + 40.83$

[0054] $P_{41}(up) = -39.56 (GGBS\%)^2 + 14.38 (GGBS\%) + 42.10$

[0055] $P_{41}(low) = -39.56 (GGBS\%)^2 + 14.38 (GGBS\%) + 39.41$

[0056] $M_{s1} = 30\text{MPa}$ $M_{01} = 41.07\text{MPa}$

[0057] 2. 抗劈裂强度 (D_2):

[0058] $P_{12} = -4.23 (RCCA\%)^2 - 0.79 (RCCA\%) + 11.53$

- [0059] $P_{12}(\text{up}) = -4.23 (\text{RCCA}\%)^2 - 0.79 (\text{RCCA}\%) + 12.06$
- [0060] $P_{12}(\text{low}) = -4.23 (\text{RCCA}\%)^2 - 0.79 (\text{RCCA}\%) + 11.14$
- [0061] $P_{22} = -60.54 (\text{RCAF})^2 + 5.94 (\text{RCFA}\%) + 11.21$
- [0062] $P_{22}(\text{up}) = -60.54 (\text{RCAF})^2 + 5.94 (\text{RCFA}\%) + 11.61$
- [0063] $P_{22}(\text{low}) = -60.54 (\text{RCAF})^2 + 5.94 (\text{RCFA}\%) + 10.80$
- [0064] $P_{32} = -9 (\text{CG}\%)^2 + 6.75 (\text{CG}\%) + 11.58$
- [0065] $P_{32}(\text{up}) = -9 (\text{CG}\%)^2 + 6.75 (\text{CG}\%) + 11.81$
- [0066] $P_{32}(\text{low}) = -9 (\text{CG}\%)^2 + 6.75 (\text{CG}\%) + 11.23$
- [0067] $P_{42} = -22.78 (\text{GGBS}\%)^2 + 13.83 (\text{GGBS}\%) + 11.22$
- [0068] $P_{42}(\text{up}) = -22.78 (\text{GGBS}\%)^2 + 13.83 (\text{GGBS}\%) + 11.84$
- [0069] $P_{42}(\text{low}) = -22.78 (\text{GGBS}\%)^2 + 13.83 (\text{GGBS}\%) + 10.46$
- [0070] $M_{s2} = 3.6\text{MPa}$ $M_{02} = 11.34\text{MPa}$
- [0071] 3.吸水率 (D_3) :
- [0072] $P_{13} = 0.038 (\text{RCCA}\%) + 0.037$
- [0073] $P_{13}(\text{up}) = 0.038 (\text{RCCA}\%) + 0.04$
- [0074] $P_{13}(\text{low}) = 0.038 (\text{RCCA}\%) + 0.03$
- [0075] $P_{23} = 0.133 (\text{RCAF})^2 - 0.006 (\text{RCFA}\%) + 0.039$
- [0076] $P_{23}(\text{up}) = 0.133 (\text{RCAF})^2 - 0.006 (\text{RCFA}\%) + 0.040$
- [0077] $P_{23}(\text{low}) = 0.133 (\text{RCAF})^2 - 0.006 (\text{RCFA}\%) + 0.038$
- [0078] $P_{33} = -0.008 (\text{CG}\%) + 0.037$
- [0079] $P_{33}(\text{up}) = -0.008 (\text{CG}\%) + 0.041$
- [0080] $P_{33}(\text{low}) = -0.008 (\text{CG}\%) + 0.034$
- [0081] $P_{43} = 0.039 (\text{GGBS}\%)^2 - 0.022 (\text{GGBS}\%) + 0.039$
- [0082] $P_{43}(\text{up}) = 0.039 (\text{GGBS}\%)^2 - 0.022 (\text{GGBS}\%) + 0.040$
- [0083] $P_{43}(\text{low}) = 0.039 (\text{GGBS}\%)^2 - 0.022 (\text{GGBS}\%) + 0.038$
- [0084] $M_{s3} = 6.00\%$ $M_{03} = 3.89\%$
- [0085] 由此可得各每组实验的指标值 D_1, D_2, D_3 ,以及各指标值的上下限值如表3所示:

[0086]

组号	抗压强度(MPa)	D1	D1max	D1min	抗劈裂强度(MPa)	D2	D2max	D2min	吸水率(%)	D3	D3max	D3min
1	41.07	1.04	1.24	0.89	11.34	2.74	2.91	2.45	3.89%	2.26	2.03	2.57
2	38.04	1.03	1.23	0.88	11.73	2.71	2.88	2.42	3.91%	2.07	1.84	2.38
3	40.38	0.97	1.17	0.83	10.24	2.65	2.82	2.36	5.40%	1.87	1.64	2.18
4	32.38	0.88	1.08	0.73	9.64	2.57	2.73	2.27	6.20%	1.68	1.44	1.99
5	28.41	0.74	0.94	0.59	8.88	2.45	2.61	2.15	6.30%	1.48	1.25	1.79
6	21.04	0.56	0.76	0.42	6.37	2.30	2.46	2.00	7.60%	1.29	1.05	1.60
7	32.51	0.90	1.10	0.76	10.80	2.74	2.90	2.45	3.90%	2.24	2.01	2.55
8	30.27	0.77	0.96	0.62	10.37	2.63	2.80	2.34	4.34%	2.16	1.92	2.46
9	23.00	0.63	0.83	0.48	7.41	2.42	2.58	2.12	4.87%	2.00	1.77	2.31
10	41.85	1.06	1.26	0.92	12.39	2.79	2.96	2.50	3.50%	2.28	2.05	2.59
11	43.45	1.08	1.28	0.93	12.67	2.83	2.99	2.53	3.24%	2.30	2.07	2.61
12	42.90	1.09	1.28	0.94	11.38	2.85	3.01	2.55	3.65%	2.32	2.09	2.63
13	42.59	1.09	1.29	0.94	12.79	2.85	3.02	2.56	3.72%	2.34	2.11	2.65
14	42.53	1.07	1.27	0.92	12.38	2.81	2.98	2.52	3.58%	2.34	2.11	2.65
15	40.53	1.06	1.26	0.91	12.81	2.93	3.09	2.63	3.77%	2.29	2.06	2.60
16	39.39	0.97	1.17	0.83	13.06	2.85	3.01	2.55	4.26%	2.17	1.94	2.48
17	31.06	0.81	1.01	0.67	9.53	2.61	2.78	2.32	3.89%	2.26	2.03	2.57

[0087] 三个指标均为数值越大,混凝土的该性质越好。Dimax为指标值上线,Dimin为指标值下限。对比实际实验数值与指标值,可知该拟合结果完全符合实际实验数据。

[0088] 实验验证:

[0089] 在得到判断公式后,另有21组包含不同再生骨料的混凝土路面砖被生产并检测其抗压强度、抗劈裂强度以及吸水率,目的是为了验证公式的准确性。不同于前20组实验对于单种天然骨料的替换,这21组混凝土砖中包含了两到三种再生骨料,并且涵盖了每种骨料的多种替换率。

[0090] 实验配比和结果如表4与表5所示:

[0091] 表4第二部分各组混凝土砖中所含再生骨料以及其替换率

[0092]

组号	再生混凝土粗 骨料 (RCCA)	再生混凝土细 骨料 (RCFA)	碎钢化玻璃粗 骨料 (CG)	粒化高炉矿渣 粉 (GGBS)
1	60%	20%	0%	70%
2	60%	10%	0%	50%
3	60%	0%	0%	30%
4	40%	20%	0%	50%
5	40%	10%	0%	30%
6	40%	0%	0%	70%
7	20%	20%	0%	30%
8	20%	10%	0%	70%
9	20%	0%	0%	50%
10	0%	20%	60%	70%
11	0%	10%	60%	50%
12	0%	0%	60%	30%
13	0%	20%	40%	50%
14	0%	10%	40%	30%
15	0%	0%	40%	70%
16	0%	20%	20%	30%
17	0%	10%	20%	70%
18	0%	0%	20%	50%
19	0%	0%	20%	30%
20	0%	0%	40%	50%
21	0%	0%	60%	50%

[0093] 表5第二部分混凝土砖的各性质检测结果以及对应的指标值

[0094]

组号	抗压强度 (MPa)	D1	D1max	D1min	抗劈裂强度 (MPa)	D2	D2max	D2min	吸水率 (%)	D3	D3max	D3min
1	22.46	0.38	0.57	0.23	7.07	2.33	2.49	2.03	6.60%	1.47	1.24	1.78
2	28.21	0.67	0.87	0.53	7.39	2.67	2.84	2.38	6.31%	1.69	1.46	2.00
3	26.70	0.90	1.09	0.75	8.09	2.75	2.91	2.46	6.15%	1.76	1.52	2.07
4	18.27	0.63	0.83	0.49	7.55	2.65	2.82	2.36	5.85%	1.80	1.57	2.11
5	25.56	0.85	1.05	0.71	7.67	2.84	3.00	2.54	5.56%	1.93	1.70	2.24
6	31.16	0.75	0.94	0.60	8.33	2.52	2.69	2.23	5.08%	1.78	1.54	2.09
7	31.33	0.77	0.97	0.62	9.96	2.79	2.95	2.49	5.23%	2.04	1.81	2.35
8	26.15	0.66	0.86	0.52	9.57	2.58	2.75	2.29	4.92%	1.95	1.72	2.26
9	35.12	0.96	1.16	0.82	11.27	2.82	2.98	2.52	4.49%	2.10	1.87	2.41
10	23.06	0.57	0.77	0.42	5.93	2.57	2.74	2.28	6.22%	2.18	1.95	2.49
11	26.49	0.87	1.06	0.72	8.87	2.92	3.08	2.62	4.91%	2.40	2.17	2.71
12	40.28	1.09	1.29	0.94	11.27	3.00	3.16	2.70	4.12%	2.47	2.23	2.77
13	27.13	0.75	0.94	0.60	8.35	2.85	3.02	2.56	5.64%	2.27	2.04	2.58
14	36.16	0.97	1.17	0.82	9.35	3.04	3.20	2.74	5.15%	2.41	2.17	2.71
15	28.40	0.86	1.06	0.71	6.58	2.72	2.89	2.43	4.96%	2.25	2.02	2.56
16	28.42	0.82	1.02	0.67	7.93	2.91	3.07	2.61	5.90%	2.28	2.05	2.59
17	28.30	0.71	0.91	0.57	7.70	2.70	2.86	2.40	5.33%	2.19	1.96	2.50
18	35.50	1.01	1.21	0.87	9.52	2.94	3.10	2.64	4.63%	2.34	2.10	2.64
19	38.55	1.10	1.29	0.95	11.43	3.01	3.18	2.72				
20	30.20	1.02	1.22	0.88	8.98	2.96	3.12	2.66				
21	36.01	1.00	1.20	0.86	8.91	2.92	3.08	2.63				

[0095] 通过表5中实验结果与指标值的对比,可以发现指标值的大小完美的反映了实际实验结果与混凝土砖性质的优劣。即使个别实验数据与其指标值对比后有些出入,也没有超出指标值所允许的上下限。通过此实验,可以得出结论,本发明中构造的指标值公式可以对实验结果进行合理的估算,并且结果也符合实际结果。

[0096] 由此可知此通过本发明中的指标值大小判断混凝土路面砖性质优劣的公式准确度极高。研究人员可使用此公式来判断混入多种再生骨料的混凝土路面砖的性质如何,只需将一种或多种所使用的再生骨料的替换率代入本发明公式中即可得到,并且依据使用需求选取合理的再生骨料替换率进行路面砖配合比设计。而且,通过代入不同再生骨料的替换率,可以得出各属性指标值的范围,如表6所示。其中再生粗骨料与碎钢化玻璃的替

换率之和不能大于100%：

[0097] 表6各属性指标值的理论最大值与最小值

[0098]

组号	再生再生混凝土粗骨料 (RCCA)	再生再生混凝土细骨料 (RCFA)	再生碎钢化玻璃粗骨料 (CG)	粒化高炉矿渣粉 (GGBS)	D1	D1max	D1min
1	0%	0%	37.04%	18.17%	1.12	1.32	
2	100%	100%	0%	100%	-1.42		-1.57

[0099]

组号	再生再生混凝土粗骨料 (RCCA)	再生再生混凝土细骨料 (RCFA)	再生碎钢化玻璃粗骨料 (CG)	粒化高炉矿渣粉 (GGBS)	D2	D2max	D2min
1	0%	0%	37.49%	30.36%	3.04	3.2	
2	100%	100%	0%	100%	-3.3		-3.6

[0100]

组号	再生再生混凝土粗骨料 (RCCA)	再生再生混凝土细骨料 (RCFA)	再生碎钢化玻璃粗骨料 (CG)	粒化高炉矿渣粉 (GGBS)	D3	D3max	D3min
1	0%	0%	100%	28.29%	2.55	2.86	
2	100%	100%	0%	100%	-2.42		-2.65

[0101] 表6中,1组中数据为指标值理论最大时的各材料替换率,2组中数据为指标值最小时各材料替换率。同时为涵盖可能所有可能结果：

[0102] 对于抗压强度指标值D1来说,范围为:-1.57~1.32。

[0103] 对于抗压强度指标值D2来说,范围为:-3.60~3.2。

[0104] 对于抗压强度指标值D2来说,范围为:-2.65~2.86。

[0105] 同时,通过本发明实验中得到的数据,可知各再生骨料在混凝土路面砖中的最佳替换率范围：

[0106] 1) 再生再生混凝土粗骨料:0%-40%

[0107] 2) 再生再生混凝土细骨料:0%-10%

[0108] 3) 碎钢化玻璃:0%-60%

[0109] 4) 粒化高炉矿渣:0%-50%

[0110] 本发明中的替换率不仅只有以上实验得到的内容,对于各再生骨料来说,从0%至100%的替换率均可代入发明中并使用,且对应的混凝土砖各属性的指标值在以下范围中,也受到本发明的保护：

[0111] 对于抗压强度指标值D1来说,范围为:-2~2。

[0112] 对于抗压强度指标值D2来说,范围为:-4~4。

[0113] 对于抗压强度指标值D2来说,范围为:-3~3。

[0114] 本发明为保证实验的准确性,使用了极其精确的系数,但与本发明系数相差不大

或成比例,或与基本判断公式格式相似的其他公式亦属于本发明的保护范畴。

[0115] 本发明是根据特定实施例进行描述的,但本领域的技术人员应明白在不脱离本发明范围时,可进行各种变化和等同替换。此发明公式中包含的再生骨料,不仅仅特指实验中的再生混凝土骨料、碎钢化玻璃和粒化高炉矿渣,碎砖块颗粒、普通玻璃及其他具有相同特点的建筑废料亦可使用此发明判断其性能好坏。因此,为适应本发明技术的特定场合或材料,可对本发明进行诸多修改而不脱离其保护范围。本发明并不限于在此公开的特定实施例,而包括所有落入到权利要求保护范围的实施例。

[0116] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明的。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明的所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

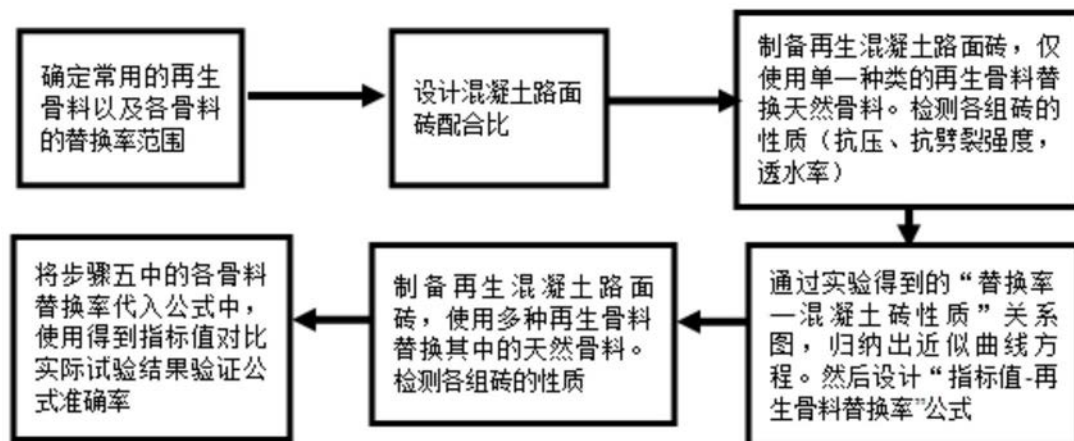


图1

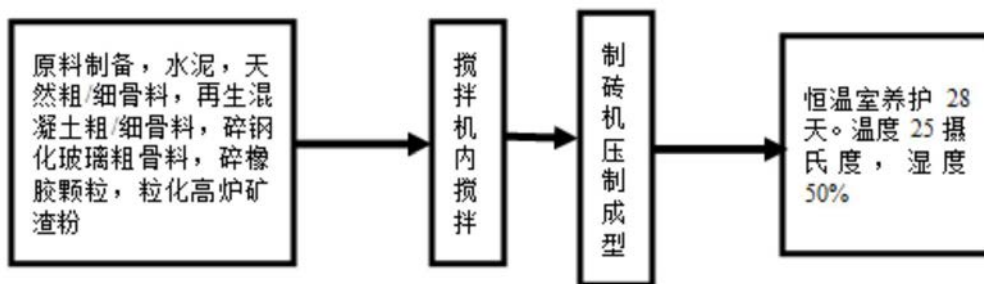


图2