

邯郸地区再生骨料在混凝土和砂浆中应用

姜新佩¹,李莹¹,张胜彦²

(1.河北工程大学水电学院 河北邯郸056038; 2.邯郸市建筑科学研究所 河北邯郸056004)

摘要:全面研究了邯郸地区用砖混结构建筑垃圾生成的再生骨料的粒径、堆积密度、吸水率、筒压强度等基本性能。通过试验,分别测试了以建筑垃圾为骨料的再生混凝土的干表观密度、抗压强度、抗渗性、抗冻性等相关的物理力学性能、以混凝土废渣为粗骨料的再生混凝土的抗压强度和以建筑垃圾作为细骨料等体积替代砂浆中的砂的再生砂浆的抗压强度,并分别与普通混凝土和砂浆对比分析。试验结果表明:以建筑垃圾为骨料的再生混凝土具有良好的基本力学性能,强度最高可达C30;用混凝土废渣作为粗骨料配制的再生混凝土的强度等级可达C50;再生砂浆的强度不降低。

关键词:砖混结构建筑垃圾;再生骨料;再生混凝土;再生砂浆;物理力学性能

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Application of recycled aggregate on the concrete and mortar in Handan area

JIANG Xin - pei¹, LI Ying¹, ZHANG Sheng - yan²

(1. Institute of Water and Electricity, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2 Handan City Construction Science Research Institute, Hebei Handan 056004, China)

Abstract: The basic properties of recycled aggregates such as partical size, bulk density, water absorption, cylinder compressive strength were studied roundly and recycled aggregates were made from construction waste of brick structure. By experimenting, related to the physico - mechanical properties of recycled concrete made from construction waste such as dry apparent density, compressive strength, impermeability, frost resistance were tested; The compressive strength of recycled concrete whose recycled coarse aggregates were made from concrete waste residue was measured and made a comparison with that of ordinary concrete; Through such as volume to replace sand in mortar the compressive strength of recycled mortar whose fine aggregates were made from construction waste was studied and made a comparison with that of ordinary mortar. The experimental results showed that recycled concrete made from construction waste has a good basic mechanics performance and its compressive strength was up to C30; The compressive strength of recycled concrete whose recycled coarse aggregates were made from concrete waste residue was up to C50; The compressive strength of recycled mortar didnt come off. The research results can be used for reference in the engineering application and scientific research, and for the further study of recycled concrete and mortar have provided the certain theory basis.

Key words: construction waste of brick structure; recycled aggregates; recycled concrete; recycled mortar; physico - mechanical properties

在实现城市化的进程中,大量的工程建设使混凝土和砂浆的需求量日益剧增。建筑垃圾是城市发展的产物,通过新型技术使这些建筑垃圾成

为再生骨料,进行循环利用^[1],不仅大大地减少建筑垃圾对生态环境造成的污染,同时缓解资源紧张的现象。

收稿日期:2013-05-16

基金项目:河北省自然科学基金项目(E2010001034)

特约专稿

作者简介:姜新佩(1961-),男,河北魏县人,博士,教授,从事水工结构相关研究工作。

张秀芳^[2]研究了再生骨料的取代率对混凝土性能的影响,结果表明随着再生骨料取代率的提高,混凝土的抗压强度呈线性下降,合理的再生骨料取代率可配制所需强度的混凝土。但是不同地区以建筑垃圾生产出来的再生骨料,各种物理力学性能差距很大,因此本试验将邯郸地区砖混结构建筑垃圾经过破碎筛分生成的再生骨料的各物理力学性能进行测试,并对以此骨料配制的再生混凝土和砂浆的各种物理性能进行研究。

1 再生骨料的生成

1.1 建筑垃圾物质组成

本实验以邯郸地区拆除的旧砖混结构建筑垃圾为研究对象,这种建筑垃圾的组成见表1。

表1 建筑垃圾组成

Tab.1 Composition of construction waste %

种类	所占比例
墙体材料(烧结砖、粉煤灰砖等)	40~50
砂浆(砌筑砂浆、抹灰砂浆)	20~30
混凝土	15~25
其它	5~10

1.2 再生骨料的生成

砖混结构建筑垃圾经过人工破碎,对粉碎物进行除尘、去杂,依据 JGJ52-2006《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》^[3]进行筛分,粒径在5 mm 以下为再生细骨料,粒径在5 mm 以上的为再生粗骨料。

2 物理性能测试与分析

2.1 粒径

2.1.1 再生细骨料粒径分析

粒径在5 mm 以下的颗粒为再生细骨料,对再生细骨料进行筛分,筛分结果见表2。再生细骨料见图1。

由表2可知,再生细骨料的细度模数属于中砂,级配基本符合人工砂的要求。再生细骨料中小于80 μm 的颗粒含量要比天然砂高许多,主要

为 CaCO_3 、水泥粉末和很少一部分泥土。 CaCO_3 来自混合砂浆中的白灰膏、抹墙的白灰;泥土是装运垃圾时带入的;水泥粉末主要是未水化的水泥,少量未水化的水泥粉末不仅有利于提高混凝土的强度,而且可完善混凝土特细骨料的级配和提高混凝土密实性。

2.1.2 再生粗骨料粒径分析

粒径在5 mm 以上的颗粒为再生粗骨料,对再生粗骨料进行筛分,筛分结果见表3。再生粗骨料见图2。依据 JGJ51-90《轻集料混凝土技术规范》^[4],结构轻集料混凝土使用的粗集料粒径不宜大于20 mm,由表3可知,再生粗骨料经过筛分,级配情况能够满足使用要求。



图1 再生细骨料

Fig.1 Recycled fine aggregates



图2 再生粗骨料

Fig.2 Recycled coarse aggregates

表2 再生细骨料级配情况

Tab.2 Recycled fine aggregate gradation

筛孔尺寸/mm	10.0	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08	底
分计筛余/%	0	7.8	12.0	8.6	15.3	20.1	25.5	7.9	2.8
累计筛余/%	0	8	20	28	44	64	89	97	100
细度模数	2.2								

表3 再生粗骨料级配情况
Tab.3 Recycled coarse aggregate gradation

筛孔尺寸	D_{min}	$1/2D_{max}$	D_{max}	$2D_{max}$
筛孔尺寸/mm	5	10	20	40
累计筛余/%	98	64	5	0
累计筛余/(标准要求)	≥ 90	39~70	≤ 10	0

2.2 堆积密度

由于建筑垃圾中墙体材料占很大一部分,因此它的堆积密度比天然砂石的低了许多,经测定,细骨料堆积密度为 $1\ 220\ \text{kg}/\text{m}^3$;粗骨料堆积密度为 $1\ 170\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.3 吸水率

骨料的吸水率是反映骨料颗粒密实程度和质量好坏的一个重要指标,吸水率越小,表示骨料颗粒越密实,质量越好。吸水率的测定能为准确地掌握混凝土的净灰比提供依据,轻骨料混凝土中的水灰比以净灰比表示,净灰比是指不包括轻骨料1 h 吸水量在内的净用水量与水泥用量之比。依据 GB2842-81《轻骨料试验方法》标准对骨料的吸水率进行测定,骨料的吸水率为 13.6%。

2.4 筒压强度

筒压强度是表示轻骨料颗粒强度的一种相对指标,与堆积密度有明显的相关性。堆积密度越大,筒压强度越高。依据 GB2842-81《轻骨料试验方法》标准对粗骨料的筒压强度进行测定,骨料的筒压强度在 3.5~5.0 Mpa 之间。骨料在混凝土中起骨架作用,建筑垃圾再生骨料的筒压强度在一定程度上决定着再生混凝土的强度,由于受建筑垃圾本身性能的影响,再生混凝土的强度受到一定限制,用建筑垃圾配制的再生混凝土的强度一般可达到 C20,最高可达到 C30。

3.1 原材料

1) 水泥:试验用水泥采用邯郸地区生产的强度等级为 32.5 普通硅酸盐水泥和矿渣水泥。

2) 砂:细砂,细度模数 1.7~2.2,表观密度 $2\ 550\sim 2\ 650\ \text{kg}/\text{m}^3$,松散堆积密度 $1\ 350\sim 1\ 450$

kg/m^3 。

3) 碎石:粒径 10~20 mm,表观密度 $2\ 550\sim 2\ 650\ \text{kg}/\text{m}^3$,松散堆积密度 $1\ 350\sim 1\ 450\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。

4) 建筑垃圾:(物理性能测定及分析见表 2 和表 3)。

5) 拌合水:试验采用普通自来水。

3.2 方法

试验主要目的是通过试验了解建筑垃圾再生骨料在混凝土、砂浆中的使用情况。以建筑垃圾为骨料的混凝土的配合比设计应满足稠度的要求,并以合理使用材料和节约水泥为原则。

在同一种水泥、水泥用量相同、骨料的体积相同和坍落度相同(砂浆为稠度相同)的情况下,分别对再生混凝土与普通混凝土、再生砂浆与普通砂浆(以砂、石为骨料)的抗压强度进行对比。

3.3 结果

3.3.1 再生混凝土的干表观密度

与表 5 各配合比对应的再生混凝土的干表观密度见表 4。

由于细、粗骨料的表观密度比砂、石小,因此再生混凝土^[5]的体积密度比普通混凝土低很多,一般在 $1\ 900\ \text{kg}/\text{m}^3$ 左右,最低可达 $1\ 750\ \text{kg}/\text{m}^3$,达到轻骨料混凝土的体积密度要求,可减少自重。由于再生骨料内部存在很多孔隙,可以减小混凝土的传热系数,如果用于维护结构,可增强建筑的保温隔热性能。

3.3.2 再生混凝土的强度

本试验以强度等级为 32.5 的矿渣水泥为胶凝材料和再生骨料为原料配制混凝土,在标准条件下进行养护,测定试样的 7 d、28 d 抗压强度。以砖混结构建筑垃圾为再生骨料的测试结果列于表 5,以混凝土废渣^[6]为再生骨料的测定结果列于表 6。

表4 再生混凝土的干表观密度

Tab.4 Dry apparent density of recycled concrete

混凝土编号	1	2	3	4
混凝土干表观密度/(kg/m^3)	1 745	1 830	1 890	1 915

表5 以砖混结构建筑垃圾为骨料再生混凝土与普通混凝土抗压强度对比

Tab. 5 The compressive strength contrast between recycled concrete with aggregates from brick structure construction waste and ordinary concrete

序号	水泥/kg	细骨料/kg	粗骨料/kg	水/kg	7 d 强度 /MPa	7 d 抗压 强度比/%	28 d 强度 /MPa	28 d 抗压 强度比/%
1	360	624(细砂)	1 211(石子)	205	18.5	93.0	27.7	95.6
	360	544(再生)	1 012(再生)	235	17.2		26.5	
2	411	613(细砂)	1 191(石子)	205	22.5	86.4	30.6	85.3
	411	534(再生)	995(再生)	230	19.4		26.1	
3	458	607(细砂)	1 180(石子)	205	26.2	86.2	37.4	85.6
	458	529(再生)	986(再生)	230	22.6		32.0	
4	500	604(细砂)	1 171(石子)	205	31.1	80.1	43.8	78.1
	500	526(再生)	979(再生)	230	24.9		34.2	

说明:1. 以上数据为每立方米混凝土的材料用量。

2. 每一组里的两个配合比相比,水泥用量相同,细骨料、粗骨料等体积替代,混凝土拌和物的坍落度相同。

3. 第3、4组配合比中再生骨料经过筛分、筛选,级配完全符合要求,粗骨料的筒压强度达到5.0MPa。

表6 以混凝土废渣为粗骨料的再生混凝土与普通混凝土的抗压强度对比

Tab. 6 The compressive strength contrast between recycled concrete with coarse aggregates from concrete waste and ordinary concrete

序号	水泥/kg	细骨料/kg	粗骨料/kg	水/kg	7 d 强度 /MPa	7 d 抗压 强度比/%	28 d 强度 /MPa	28 d 抗压 强度比/%
1	411	613(细砂)	1 191(石子)	205	23.92	96.6	34.1	96.2
	411	569(细砂)	1 150(再生)	210	23.1		32.8	
2	458	607(细砂)	1 180(石子)	205	28.6	95.4	38.9	95.8
	458	564(细砂)	1 140(再生)	210	27.3		37.3	
3	500	604(细砂)	1 171(石子)	210	35.5	95.0	48.6	94.8
	500	561(细砂)	1 130(再生)	215	33.7		46.1	
4	540	600(细砂)	1 160(石子)	185	42.1	94.5	60.1	94.6
	540	558(细砂)	1 120(再生)	190	39.8		56.9	

说明:1. 以上数据为每立方米混凝土的材料用量。

2. 每一组里的两个配合比相比,水泥用量相同,细骨料、粗骨料等体积替代,混凝土拌和物的坍落度相同。

3. 由于考虑到再生细骨料粉尘较多,再生混凝土以天然砂作细骨料、混凝土废渣作粗骨料。

4. 表6中3、4#配合比水泥的强度等级为42.5。4#配比中使用了减水剂。

由表5可知,低标号再生混凝土的强度与普通混凝土相比,强度略有降低,混凝土强度越高,降低幅度越大。由于受骨料的影响,再生混凝土强度达到一定数值后很难再提高。虽然抗压强度最高值可以达到C30,但以牺牲水泥用量为代价,而且对粗、细骨料的要求比较严格,成本太高。因此,再生骨料用在C15~C20的混凝土中是经济实用的。

以混凝土废渣为原料生产的再生骨料,其60%~70%的成分为天然石,并有少部分的砂浆块,压碎指标值略低于天然石。由表6可知,以混凝土废渣为骨料的再生混凝土强度与普通混凝土相比,强度下降不大。

3.3.3 再生混凝土拌和物的性能

混凝土拌和物的和易性是衡量施工操作难易

程度和抵抗离析作用程度的性质^[7]。由于轻粗骨料、轻细骨料有一定的吸水率,每方混凝土的总用水量比普通混凝土要高许多。再生混凝土和普通混凝土相比,在净用水量相同的条件下,由于再生骨料表面比较粗糙,再生混凝土的流动性比普通混凝土稍差,所以和易性和保水性优于普通混凝土。

3.3.4 再生混凝土的长期性能和耐久性能

混凝土的长期性能和耐久性能主要体现在混凝土的抗渗、抗冻等方面。抗渗性是混凝土抵抗压力水渗透的能力。抗冻性是指混凝土在水饱和状态下能经受多次冻融循环作用而不被破坏的性能,常作为衡量混凝土耐久性的重要指标之一。

采用同强度等级,标养28d的试块进行抗渗、抗冻性能试验,试验结果见表7、表8。

表7 抗渗性能对比

Tab.7 Permeability contrast in performance

混凝土种类	基准混凝土	再生混凝土
渗透高度比/%	100	87

表8 抗冻性能对比

Tab.8 Antifreeze performance comparison

冻融循环 35 次	基准混凝土	再生混凝土
强度损失率/%	0	2.5
重量损失率/%	0	1.6

表9 以建筑垃圾为骨料的砂浆与普通砂浆抗压强度对比

Tab.9 The compressive strength contrast between aggregate mortar with construction waste and normal cement mortar

序号	砂浆强度等级	水泥 /kg	细骨料 /kg	水 /kg	7d 强度 /MPa	7d 抗压强度比/%	28d 强度 /MPa	28d 抗压强度比/%
1	M5	205	1400(细砂)	350	4.5	97.8	7.4	98.6
		205	1220(再生)	375	4.4		7.3	
2	M7.5	255	1400(细砂)	350	6.8	102.9	9.8	101.0
		255	1220(再生)	374	7.0		9.9	
3	M10	310	1400(细砂)	350	9.2	130.4	14.8	100.0
		310	1220(再生)	374	12.0		14.8	

由表7可知:再生混凝土的抗渗性能略好于普通混凝土,因为再生骨料中细粉较多,使再生混凝土更加密实;由表8可知再生混凝土的抗冻性能较差,原因是再生骨料吸水率较大,但不影响在民用建筑工程中的使用(不允许用于水位变化的部位)。

3.4 再生骨料用于砂浆中的试验

以 M5、M7.5、M10 的水泥砂浆做为基准,用再生细骨料等体积替代基准砂浆中的砂,用水量使两个配比的分层度相同。试验结果见表9。

再生细骨料等体积替代砂浆中的砂,再生砂浆强度上下幅度变化不大,强度不降低。

建筑垃圾作为细骨料等体积替代砂浆中的砂,再生砂浆强度上下幅度变化不大,强度不降低。

4 结论

试验结果表明,砖混结构建筑垃圾生成的再生骨料可以用于配制混凝土和砂浆。由于受再生骨料本身性能的影响,用再生骨料配制的混凝土强度一般可达到 C20,最高可达 C30;以混凝土废

渣为骨料配制的再生混凝土的强度等级可达 C50;再生细骨料等体积替代砂浆中的砂,砂浆强度不降低。

参考文献:

- [1] 杨晓光,郝永池,薛勇.再生骨料基本性能的研究[J].混凝土,2012(2):66-68.
- [2] 张秀芳,何更新,赵霄龙.用再生骨料配制混凝土的试验研究[J].施工技术,2011,40:60-63.
- [3] 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准. JGJ52-2006[S].
- [4] 轻集料混凝土技术规程. JGJ51-1990[S].
- [5] 安新正,易成,姜新佩,等.海水环境下再生混凝土的腐蚀研究[J].河北工程大学学报:自然科学版,2011,28(1):57-62.
- [6] 杨成学,刘华,黄伯太.蒸汽养护对高性能混凝土弹性模量的影响[J].四川理工学院学报:自然科学版,2012,25(5):73-76.
- [7] 刘桂玲,张作鹏.混凝土抗压强度超声波法无损检测的试验研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(3):258-261.

(责任编辑 马立)