

以建筑垃圾为骨料的再生混凝土技术

贾淑明, 刘卓, 赵海宏, 曹静, 赵国有, 孔令义

(兰州工业学院建筑工程系, 兰州 730050)

【摘要】 分析了以建筑垃圾为骨料的再生混凝土在国内外的研究现状和发展前景,阐述了发展再利用混凝土的发展模式,对本地区再生混凝土的经济效益和社会效益进行了分析。根据我国研究的现状,提出了再生混凝土存在的问题和不足,为今后再生混凝土的研究起到一定的参考作用。

【关键词】 建筑垃圾;骨料;再生骨料;再生混凝土

【中图分类号】 TU755

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2012)12-0001-03

A TECHNOLOGY TAKING CONSTRUCTION WASTE AS RECYCLED CONCRETE

JIA Shu-ming, LIU Zhuo, ZHAO Hai-hong, CAO Jing, ZHAO Guo-you, KONG Ling-yi

(Department of Architectural Engineering, Lanzhou Polytechnic College, Lanzhou 730050, China)

Abstract: This article analyzed taking construction waste as recycled concrete in domestic and international research status and development prospect, elaborated development mode of using recycled concrete, analysis the local regeneration concrete economic benefit and social benefit. According to our research, puts forward problems and shortcomings of recycled concrete, for the future development of recycled concrete plays a certain reference role.

Key words: construction waste; aggregate; recycled aggregate; recycled concrete

0 引言

再生骨料混凝土 (Recycled Aggregate Concrete, RAC) 简称“再生混凝土 (RC)”。它是指在配制过程中掺用了再生骨料,且再生骨料占骨料总量的质量百分比不低于 30% 的混凝土。再生混凝土骨料简称“再生骨料”,按其粒径大小可分为再生粗骨料和再生细骨料。再生粗骨料是由建(构)筑废物中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成,用于配制混凝土的、粒径大于 4.75mm 的颗粒。而粒径不大于 4.75mm 的颗粒叫再生细骨料^[1]。

中国每年新建建筑面积达 20 亿 m², 拆除旧建筑面积达 2 亿 m², 年产建筑垃圾 4 亿 t, 建筑垃圾的产量已占到城市垃圾总量的 30% ~ 40%^[2]。因此,利用建筑废弃物生产再生混凝土是一种有利于节约资源有利于环境保护的技术,可以减少天然骨料用量,解决建筑垃圾带来的污染问题。许多专家学者对再生混凝土的性能进行了大量的研究工作,积累了经验,取得了一定的成果。

1 以建筑垃圾为骨料的再生混凝土技术的研究现状

1.1 国外建筑垃圾的再生利用现状

出于对基本国情的考虑以及对环境保护的高度

重视,欧洲一些发达国家以及美国、日本等国对废弃混凝土的再生利用起步都比较早,配套政策以及立法都较完备,建筑垃圾的再生利用率较高,而且有些国家还采用立法的形式来保证专项研究和应用的发展^[3]。

荷兰是最早开展再生骨料混凝土研究和应用的国家之一,其建筑垃圾的再生利用率位居欧洲首位,高达 90% 以上。早在 20 世纪 80 年代,荷兰就制定了有关利用再生混凝土骨料制备素混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土的规范。这些规范规定了利用再生骨料生产上述混凝土的明确的技术要求,并指出如果再生骨料在骨料中的含量(重量)不超过 20%,则混凝土的生产就完全按照普通天然骨料混凝土的设计和制备方法进行。

1.2 国内建筑垃圾再生利用现状^[5]

尽管我国对于再生混凝土的研究起步比较晚,但发展速度较快。

国内数十家研究机构和大学开展了大量的研究工作。为了解决再生混凝土的高吸水率和高收缩率的问题,研究人员做了大量的科学试验。如华中科技大学、东南大学等已经开展利用城市垃圾制作烧结砖

【基金项目】 甘肃省住房和城乡建设厅 2012 年科技项目 (JK2012-37); 甘肃省大学生“挑战杯”项目

和再生混凝土技术的研发。目前已形成成套的研发技术,就是将解体混凝土和废弃砖瓦进行再生资源化处理,作为混凝土骨料、轻骨料,配制成普通混凝土或高性能混凝土砌块,这种再生混凝土强度可以达到RC30以上。另外,同济大学也对再生混凝土技术进行了大量的科学研究,包括再生混凝土的强度和工作性能研究、废弃混凝土破碎及再生工艺研究、高温后再生混凝土的强度研究、再生混凝土框架节点试验研究、再生混凝土框架结构抗震性能的研究、再生混凝土梁柱试验研究、再生混凝土耐久性研究等等。

2 再生混凝土的主要技术性质

2.1 再生混凝土的配制要求

为充分保证结构安全,只有达到Ⅰ类或Ⅱ类产品指标要求的再生骨料才可以用于配制结构混凝土或RC30以上的再生混凝土;Ⅲ类产品由于品质相对较差,可能对结构混凝土或较高强度再生混凝土性能带来不利影响,所以不允许用于结构混凝土或RC30以上的再生混凝土。但是,如果满足使用要求,Ⅲ类产品可以用于配制非结构使用的且再生骨料掺用量较低的一般混凝土(例如找平层混凝土等),也可用来配制RC30以下且非结构使用的再生混凝土。

再生骨料不宜用于配制强度等级高于RC40的再生混凝土。由于再生混凝土中再生骨料对天然骨料的取代率已经达到30%以上,再生骨料含量相对较高,而再生骨料的品质往往逊色于天然骨料,所以为可靠起见,规定再生骨料一般只适用于配制RC40及以下的再生混凝土,即再生混凝土的强度等级上限一般为RC40。如果再生骨料取代率较低,没有达到30%以上,即没有达到再生混凝土的下限含量,则再生骨料是可以用于RC40以上的混凝土的,根据定义^[1],尽管采用了再生骨料,但由于含量较低,此时的混凝土也不称其为“再生混凝土”,自然也就没有强度等级上限。但是,配制RC40以上强度等级的混凝土时如果掺用了再生骨料,则应进行试配试验进行验证。

2.2 再生骨料的技术要求

2.2.1 再生粗骨料的技术要求

按照GB/T14685-2011《建筑用卵石、碎石》中规定的试验方法,再生粗骨料的主要性能指标应符合表1的规定。

2.2.2 再生细骨料的技术要求

再生细骨料按性能指标分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类,按细度模数分为粗、中、细三种规格,其细度模数 M_x 分别为:粗: $M_x=3.7\sim3.1$;中: $M_x=3.0\sim2.3$;细: $M_x=2.2\sim1.6$ 。

按照GB/T14684-2011《建筑用砂》中规定的试验方法,再生细骨料中如含有云母、轻物质、有机物、

硫化物及硫酸盐或氯盐等有害物质,其含量应符合表2的规定。

表1 再生粗骨料的性能指标

项目	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
微粉含量(按质量计)/%	<1.0	<2.0	<3.0
泥块含量(按质量计)/%	<0.5	<0.7	<1.0
吸水率(按质量计)/%	<3.0	<5.0	<8.0
质量损失/%	<5.0	<10.0	<15.0
压碎指标/%	<12	<20	<30
表观密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	>2450	>2350	>2250
空隙率/%	<47	<50	<53
针片状颗粒(按质量计)/%	<10		

表2 再生细骨料中的有害物质含量

项目	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
云母含量(按质量计)/%		<2.0	
轻物质含量(按质量计)/%		<1.0	
有机物含量(比色法)		合格	
硫化物及硫酸盐含量(按 SO_3 质量计)/%		<2.0	
氯化物含量(以氯离子质量计)/%		<0.06	

按照GB/T14684-2011《建设用砂》中规定的试验方法,再生胶砂需水量比和强度比应符合表3的规定。

表3 再生胶砂需水量比和强度比

项目	Ⅰ类			Ⅱ类			Ⅲ类		
	细	中	粗	细	中	粗	细	中	粗
需水量比	<1.35	<1.30	<1.20	<1.55	<1.45	<1.35	<1.80	<1.70	<1.50
强度比	>0.80	>0.90	>1.00	>0.70	>0.85	>0.95	>0.60	>0.75	>0.90

2.2.3 再生混凝土试配时,控制拌合物坍落度损失

基于目前我国再生骨料的水平,再生骨料的吸水率往往高于天然骨料,在相同用水量情况下,掺用再生骨料的混凝土拌合物工作性可能比基准混凝土差,所以一般需要通过掺入减水剂或增加减水剂掺量等方式来保证工作性,但是,配制时可以适当增加用水量以满足再生骨料的吸水率需要,此时增加的用水量被再生骨料吸附而不是用于水泥水化,所以一般不会影响混凝土的性能;一般地,Ⅲ类再生骨料可比Ⅰ类、Ⅱ类再生骨料混凝土的用水量增加得多一些,再生骨料取代率越高,可增加的用水量多一些,但是不论何种情况,用水量增加不应超过5%。由于再生骨料的吸水率往往高于天然骨料,掺用再生骨料的混凝土的坍落度损失也往往会偏快,所以需要采取比常

规混凝土更有效的措施加以控制,例如增加缓凝剂或坍落度抑制剂的掺量,减水剂延时掺加等。

2.2.4 再生粗骨料的取代率

在混凝土配制过程中,一般不宜同时掺用再生粗骨料和再生细骨料;当同时掺用时,再生骨料占混凝土骨料总量的质量百分比不宜高于50%,且应通过试配试验验证,见表4。

表4 再生粗骨料取代率或再生细骨料取代率的最大值

强度等级	≤C20	≤C30	≤C40	<C60	≥C60
取代率的最大值/%	100	80	60	30	15

3 再生混凝土的效益评价分析^[6]

通过对国内目前的研究对比分析,建筑垃圾得到了较好的利用,并且取得了良好的经济效益和社会效益等。

(1) 经济效益。通过对兰州建材市场调研,传统建材中标准粘土砖0.38元/块;C20的商品混凝土为320元/m³,C30的商品混凝土为350元/m³。而项目研发的再生建材,标准砖0.15元/块,RC20混凝土为150元/m³,RC30混凝土为170元/m³。通过对比分析,使用项目研发的标准砖与传统标准粘土砖相比,每立方米的砌筑费用将节约117.76元左右,再生混凝土与传统商品混凝土相比,每立方米节约170元左右。项目研发建材较传统建材相比,其经济效益非常可观。

(2) 社会效益。甘肃的很多正在改建或扩建的地州县,建筑业发展快,在旧房拆除,新房建设中,会产生大量的建筑垃圾产生,若充分利用建筑垃圾生产再生混凝土有着十分广泛的市场前景。同时,也是循环经济的一种模式,充分体现了循环经济的“3R”(减量化、再使用、再循环)原则,符合可持续发展的科学发展规划。

4 再生混凝土技术存在的问题^[7]

由于再生骨料具有吸水性大、孔隙率高、强度低等特征,使得与天然骨料的性质相差较大。因此,导致再生混凝土在应用中存在一些问题。

4.1 强度问题

试验证明,再生骨料配制的再生混凝土,随着再生骨料掺量的增加,再生混凝土的抗压强度将明显降低,而再生细骨料的掺入使得降低现象尤为明显。因此,在配制再生混凝土时应充分考虑再生骨料的掺量对混凝土强度的影响。

4.2 收缩大的问题。

干缩性是混凝土的重要指标之一。相关试验表明:再生混凝土的干缩性与它的骨料情况有很大关系。由于再生混凝土使用的是吸水率大,空隙率高的

再生骨料。所以它的干缩性比天然骨料混凝土要大且其干缩的程度和干缩持续的时间随其再生骨料取代比例的增大而增大和加长。在再生骨料取代比例在50%以上时,其干缩时间的持续时间比较长,但在50d龄期后干缩速率十分缓慢,干缩的增量也要小。

4.3 掺入量的问题

规范规定,“再生骨料占骨料总量的质量百分比不低于30%”,一方面是因为目前的技术水平已经完全可以达到这样的能力;另一方面,并不是只要掺用了再生骨料就能够视为再生混凝土,如果掺量过低,配制技术实际上就可能与普通混凝土毫无区别,不能体现再生混凝土的技术内涵。

在配合比相同的前提下,要保证再生混凝土与基准混凝土相同的坍落度,须增加拌和水,因此在配制再生混凝土时应考虑再生骨料掺入量对混凝土强度和工作性的影响。

5 结语

由于再生骨料来源广泛,受废弃混凝土龄期、原始强度和使用环境、产地等因素影响较大,各地区生产出的再生混凝土存在较明显的性能差异,已有的研究成果还不足以建立完善的技术体系。因此对于再生混凝土来说,要真正的达到工程使用阶段,无论是试验研究还是施工技术的研究,还有许多问题需要解决,如研究如何提高其强度、耐久性能、磨耗性能、结构力学性能的方法,使再生混凝土技术向高性能方面发展,扩大其使用范围。

参考文献

- [1] JGJT 240-2011,再生骨料应用技术规程[S].
- [2] 王罗春. 建筑垃圾处理与资源化[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 全洪珠. 国外再生混凝土的应用概述及技术标准[J]. 青岛理工大学学报,2009,(4):87-92.
- [4] 康梅柳,周丽萍. 废弃混凝土的再生利用[J]. 建材技术与应用,2011,(6):9-10.
- [5] 陈永刚,曹贝贝. 再生混凝土国内外发展动态[J]. 国外建筑科技,2004,(4):4-6.
- [6] 杨卫国,王京,暴雷,郭栋. 建筑垃圾综合利用研究[J]. 施工技术,2011,(12):100-102.
- [7] 侯星宇. 再生混凝土研究综述[J]. 混凝土,2011,(7):97-98.

[收稿日期] 2012-09-12

[作者简介] 贾淑明(1976-),男,甘肃漳县人,硕士,副教授,研究方向:建筑施工和建筑材料。