

建筑垃圾中不同组成材料对混凝土性能的影响

石建光^{1,2}, 周清长²

(1. 上海大学 土木工程系, 上海 200036; 2. 厦门大学 土木工程系, 福建 厦门 361005)

摘要: 总结了国内外建筑垃圾中各种组成材料对混凝土性能影响的研究现状, 主要包括其中的砖瓦、混凝土碎块、玻璃、木纤维、沥青、旧塑料和贝壳等对混凝土抗压强度、抗拉强度、弹性模量和收缩量等性能的影响。其中破碎到一定细度的砖瓦和玻璃的活性会提高, 能减小对混凝土性能的负面影响; 再生混凝土碎块对混凝土各项性能均有不利影响; 旧塑料则能提高混凝土的韧性; 贝壳会降低混凝土的弹性模量, 但不影响其早强。

关键词: 建筑垃圾; 混凝土碎块; 玻璃; 旧塑料; 贝壳; 混凝土性能

中图分类号: TU528.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-3550(2008)06-0011-03

Effects of different materials in the construction waste on the properties of concrete

SHI Jian-guang^{1,2} ZHOU Qing-chang²

(1. Department of Civil Engineering, Shanghai University, Shanghai 200036, China;

2. Department of Civil Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The obtained results about the present research of the effects of different materials in the construction waste on the properties of concrete were summarized in this article, including the effects of tile, crashed concrete, glass, wood sawdust, asphalt, oyster shell and recycled plastic on the properties of concrete which include compressive strength, tensile strength, elastic modulus, shrinkage quantity and so on. And the activity of tile and glass which were crashed into some degree of fineness increased, and it could diminish the effect on the properties of concrete, the crashed concrete had bad effect on the properties of concrete, recycled plastic could enhance the toughness of concrete, oyster shell would reduce the elastic modulus of concrete, but had not affect its early-strength.

Key words: construction waste, crashed concrete, glass, recycled plastic, oyster shell, properties of concrete

0 引言

我国城市化和工业化的快速发展, 使建筑资源的需求快速增长。同时随着人们生活水平的提高和对城市市政设施的需求, 以及城市早期规划的不科学性, 使得拆迁改造不断发生, 建筑垃圾大量产生。形成的大量建筑垃圾不仅占用土地, 而且污染环境。这种建筑资源大量消耗和建筑垃圾不断产生的状态对经济、社会发展形成了巨大的影响。发展循环利用技术成为迫在眉睫的问题。如能将建筑垃圾加以处理后代替砂石资源用于混凝土生产将对经济、社会发展产生极大的促进作用, 因此有必要对建筑垃圾中各种组成材料对混凝土性能影响的研究现状进行研究总结。

建筑垃圾主要由渣土、碎石块、废砂浆、砖瓦碎块、混凝土块、沥青块、废塑料、废金属料、废竹木等组成。因建筑垃圾的来源不同, 其组成成分变化很大。其中混凝土(包括道路沥青混凝土)、碎石块含量约 1%~70%; 砖瓦碎块含量约 2%~75%; 废金属料含量约 0.1%~2%; 废砂浆含量约 0~15%; 渣土含量约 3%~15%; 废玻璃、废木材含量约 0.5%~5%; 废旧塑料、破衣物和其他少量的生活用具、用品含量约 0.01%~0.2%。不同材料破碎后作为骨料用于混凝土生产时, 对混凝土的性能会有不同的影响。因此对建筑垃圾进行再利用之前有必要对各种组成成分的影响进行研究和分析, 以期得到合理的再利用途径。

收稿日期: 2008-01-16

1 各种组成材料对混凝土性能的影响

1.1 砖瓦

破碎后用作混凝土骨料的砖瓦碎块骨料多孔和密度小、压碎指标高、吸水率高, 因此制成的混凝土密度也小, 虽然都可以达到一定的抗拉、抗压强度, 但收缩、徐变、弹性模量和抗渗性等变差^[1-9]。再生碎砖混凝土的断裂破坏与普通混凝土有所区别, 破坏通常是集中通过集料, 而不是绕过集料。研究表明, 这种骨料的替代率在 25%~50%为宜, 而且鉴于由砖瓦碎块骨料制成的混凝土的性能不高, 所以应限制其用于结构中, 但可在铺路砖和人造基础中推广^[10]。

破碎后的砖瓦在磨细后还可以作为火山灰材料运用于混凝土生产中代替水泥。普通黏土砖在烧制的时候, 温度一般高达 1000, 在这个温度下, 黏土矿物原有的晶体结构被破坏形成铝硅酸盐结构, 具有了很好的火山灰性质。用此磨细的废砖瓦生产出来的混凝土, 在强度上和普通混凝土差别不大, 但却能减小碱-硅反应, 降低由此而引起的混凝土膨胀, 同时还能增强抗化学腐蚀性^[2,9,12]。

1.2 混凝土碎块

总结已有的再生混凝土骨料和再生骨料混凝土的性能发现, 再生骨料的表观密度和堆积密度分别在 2310~2620 (kg/m³)

和 1 290~1 470 (kg/m³)之间,其吸水率处于 4%~10%之间,压碎指标在 14.2%~23.1%之间。再生骨料混凝土抗压强度随再生骨料替代率增加而降低,随水灰比增大而降低。再生骨料混凝土的抗拉强度受替代率影响比较小。随着再生骨料替代率的增大,再生骨料混凝土的坍落度急剧下降、弹性模量降低、收缩值显著增大、抗冻性基本不变、渗透性增大、碳化速度略有增加、抗硫酸盐侵蚀性略有降低^[7,18]。

有关研究还表明不同龄期再生混凝土骨料对混凝土的性能也有一定的影响^[13]。试验表明,1 d 龄期再生骨料中含有大量未水化的水泥,可以继续水化,从而显著提高再生混凝土的强度,且对于掺粉煤灰的再生混凝土而言,其生成的 Ca(OH)₂ 有助于激发粉煤灰的早期活性,而 28 d 与 111 d 龄期再生骨料中所含水泥的水化已基本完成,因此,其对再生混凝土强度的提高以及对粉煤灰的激发作用贡献甚微。因此由 1 d 龄期再生混凝土骨料制成的混凝土的强度也相对较强^[8]。

1.3 玻璃

由于玻璃中含有 70%左右的无定形 SiO₂,通常认为不宜将其用作混凝土骨料,因为玻璃骨料中的氧化硅与混凝土中的碱金属离子有产生碱骨料反应的潜在可能^[14]。近年来,随着人们对碱骨料反应产生机制、试验方法和抑制措施的理解越来越深入,将回收的废弃玻璃骨料视为一种潜在的混凝土用建筑材料正越来越引起世界各国混凝土研究工作者的关注。

将废玻璃用于混凝土中,有两种方法^[19]。第一,将废玻璃用作混凝土骨料。随着废玻璃骨料含量的增加,混凝土的坍落度、含气量、密度以及抗压强度都有降低^[20,21]。第二,将废玻璃磨碎用作矿物掺合料。将废玻璃破碎得很细的时候 (<38 μm),它会呈现出类似火山灰的性质,而且粒径越小,火山灰的性质就会越明显。研究表明,当废玻璃磨碎用作矿物掺合料时,如果粒径越小,混凝土的抗压强度就越高,而且膨胀也会越小^[22]。相比较于粉煤灰混凝土(掺量相同的情况下),玻璃混凝土会表现出更高的早强和后期强度。玻璃骨料对混凝土的有害作用更主要是体现在会发生碱-硅反应^[19]需要加入碱-硅反应抑制剂-偏高岭土^[23],否则会产生碱-硅膨胀反应,导致后期强度的降低^[23]。但当玻璃骨料粒径减小到一定值时,不仅碱-硅反应引起的膨胀减小^[24],而且还会提高混凝土强度。

1.4 木纤维

在水泥和木集料之间存在着化学上的不相容性。木集料中的单糖对水泥浆起着缓凝作用,半纤维素会降低水泥浆强度与水泥的水化率。此外,还有萜烯和树脂会在木集料表面形成干燥层而妨碍与水泥的黏结,但木灰可以用于强度要求不高的混凝土中^[27,28]。

目前国外还在研究用回收的木料和石灰粉混合制砖。研究表明这种砖有一定的延性,即使超过最大荷载也不会发生脆性破坏,而且重量一般只有普通混凝土砖的 65%左右,用 30%木料取代率制成的混凝土砖的试验抗压强度能达到 7.2 MPa,抗弯强度能达到 3.08 MPa,低于普通混凝土砖,但也能满足建筑材料使用标准^[33-34]。

1.5 旧塑料

旧塑料可用作混凝土的粗骨料,用此制成的混凝土抗压强度低于普通混凝土,但表现出更好的延展性,能减少混凝土裂缝的形成和开展。同时旧塑料混凝土的抗渗性也要优于普通混凝土^[31]。

经过破碎后的回收旧塑料还可作为细骨料替代混凝土中的砂子^[33]。用旧塑料制成的混凝土的抗压强度随塑料的替代率的增加而降低。这可能是由于塑料表面和水泥浆的黏结能力不强而引起的,而且塑料的憎水性也会影响水泥的水化反应。同时旧塑料制成的混凝土的抗弯强度和干密度相比之下也有一定程度的降低。此外,研究表明旧塑料混凝土的收缩值却在一定程度上减小^[33]。

1.6 沥青

沥青与水泥胶结料有比较好的黏结性,沥青废料作为骨料或胶结料都可以用于混凝土中^[29]。

制成的混凝土在抗压和抗拉强度上都有所减低,通常来说沥青废料作为骨料在混凝土中的替代率越高,则强度越低,但韧性越好。研究同时表明如果沥青废料只作为混凝土中的粗骨料,则强度下降的程度最低而韧性却有明显提高。总体来说用沥青废料作为骨料的混凝土的韧性要好于普通混凝土,这点将可在土木工程中获得极大运用^[35-36]。

1.7 贝壳

贝壳的化学成分中有超过 50%的成分是 CaO,而且煅烧过的贝壳灰中的 CaO 含量更是高达 70%以上,因此煅烧过的贝壳灰能提供大量有效的氧化钙,使之在水热条件下与硅质材料(粉煤灰)中的 SiO₂、Al₂O₃ 发生作用,生成水化硅酸钙,从而使制品获得高强度^[37-38]。

研究表明^[39]:掺有破碎后磨细的贝壳(代替细骨料)的混凝土的工作性能随着破碎后的贝壳的细度模量的降低而降低,同时随着混凝土中贝壳的替代率的提高而降低。试验表明掺有贝壳的混凝土的 28 d 抗压强度和普通混凝土的相近,甚至还要更高,这说明贝壳并没有引起混凝土早期强度的降低。由于贝壳的弹性模量要小于天然细骨料的弹性模量,所以制成的混凝土的弹性模量随着贝壳替代率的提高而降低。试验表明当细骨料的替代率在 20%左右时,弹性模量大约下降 10%。

2 结论

本文经过大量的文献调查,对建筑垃圾中各种组成材料对混凝土性能影响的研究现状进行了归纳分析,总结出将建筑垃圾回收再利用制作混凝土时,在组成材料成分方面应该注意的几个问题:

- (1)砖瓦骨料对混凝土各项性能都有影响,应控制其含量,但当磨细后有一定活性,对混凝土性能影响减小。
- (2)随着再生混凝土碎块替代率的增大,对混凝土的各项性能均有不同程度的不利影响,同时不同龄期再生混凝土骨料对混凝土的性能也有一定的影响。
- (3)玻璃骨料在混凝土中会产生有害的碱骨料反应,但当磨细到一定程度后 (<38 μm)会呈现出火山灰性质,能提高混凝土抗压强度,减小膨胀。
- (4)用一定替代率的木料制成的混凝土砖虽然在多项性能上要低于普通的混凝土砖,但也能满足建筑材料的使用标准。
- (5)旧塑料用做粗骨料可提高混凝土的延展性和抗渗性,用做细骨料则会影响水泥的水化反应,但却可减小收缩值。
- (6)沥青骨料会影响混凝土的抗拉压强度,但却在很大程度上提高了混凝土的韧性。
- (7)随着破碎贝壳的细度模数的降低和替代率的提高,混凝土的工作性能会降低,弹性模量也会下降,但并不会引起混

凝土早期强度的降低。

总之,在对建筑垃圾进行回收再利用时应该先对其组成成分进行仔细的分析,确定其各种成分的含量,明白各个成分对混凝土性能的影响因素。综合国内外研究现状,在用建筑垃圾生产混凝土时应着重注意建筑垃圾的替代率和粒径,两者对混凝土性能的影响极大。

参考文献:

[1] MORICONI G, CORINALDESI V, ANTONUCCI R. Environmental - friendly mortars a way to improve bond between mortar and brick[J]. Mater Struct, 2003, 36: 702- 708.

[2] TURANLI L, BEKTAS F, MONTEIRO P J M. Use of ground clay brick as a pozzolanic material to reduce the alkali- silica reaction[J]. Cement Concrete Res, 2003, 33(10): 1539- 1542.

[3] 阮炯正, 李森, 等. 城市建设拆迁废弃物用于承重混凝土空心砌块生产的可行性研究[J]. 吉林建筑工程学院学报, 1999, 3(1): 56- 58.

[4] 万冬梅, 彭刚. 利用陶瓷废料开发固体混凝土材料的研究[J]. 佛山陶瓷, 2001(10): 4- 6.

[5] KHALOO A R. Crushed tile coarse aggregate concrete[J]. Cement Concrete Aggr, 1995, 17(2): 119- 125.

[6] AY N, UNAL M. The use of waste ceramic tile in cement production[J]. Cement Concrete Res, 2000, 30(3): 497- 499.

[7] 许岳周, 石建光. 再生骨料及再生骨料混凝土的性能分析与评价[J]. 混凝土, 2006(7): 41- 46.

[8] 郭昌生, 徐亦冬, 卢新帆. 不同龄期再生骨料对再生混凝土性能的影响[J]. 新型建筑材料, 2007, 34(3): 78- 80.

[9] AKHTATUZZAMAN A A, HASNAT A. Properties of concrete using crushed brick as aggregate[J]. Concrete Int, 1983, 5(2): 58- 63.

[10] DEBIEB F, KENAI S. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(5): 886- 893.

[11] PADMINI A K, RAMAMURTHY K, MATHEWS M S. Behavior of concrete with low- strength bricks as lightweight coarse aggregate. Mag Concrete Res, 2001, 53(6): 367- 375.

[12] POON C S, CHAN D. Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick. Construction and Building Materials, 2006, 20(8): 569- 577.

[13] SCHUUR H M L. Calcium silicate products with crushed building and demolition waste. Journal of Materiale in Civil Engineering, 2000, 12(4): 282- 287.

[14] 朱惠英, Ewan A Byar. 利用废弃玻璃研制高附加值预制混凝土产品[J]. 混凝土, 2005(8): 33- 39.

[15] TOPCU I B, CANBAZ M. Properties of concrete containing waste glass[J]. Cement Concrete Res, 2004, 34(2): 267- 274.

[16] POLLEY C, CRAMER S M, de la Cruz R V. Potential for using waste glass in Portland cement concrete [J]. Journal of Materiale in Civil Engineering, 1998, 10(4): 210- 219.

[17] SHAYAN A, XU A. Value- added utilization of waste glass in concrete. Journal of Materiale in Civil Engineering[J]. Cement Concrete Res, 2004, 34(1): 81- 89.

[18] JOHNSTON C D. Waste Glass as Coarse Aggregate for Concrete[J]. Journal of Testing & Evaluatio, 1974, 2(5): 344- 350.

[19] JIN Wei- hua, CHRISTIAN M, STEPHEN B. "Glasscrete"——Concrete with Glass Aggregate[J]. ACI Materials Journal, 2000, 97(2): 208- 213.

[20] SHAO Yi- xin, THIHAUT L, SHYLESH M et al. Studies on Concrete Containing Ground Waste Glass[J]. Cement and Concrete Research, 2000, 30(1): 91- 100.

[21] BYARSE A, MORALES B, ZHU H Y. Waste Glass as Concrete Aggregate and Pozzolan- Laboratory and Industrial Projects[J]. Concrete, 2004, 38(1): 41- 44.

[22] STAHL D C, SŁORACZEWSKI G, ARENA P et al. Lightweight concrete masonry with recycled wood aggregate[J]. J Mater Civil Eng, 2002, 14(2): 116- 121.

[23] 李玉寿, 荀勇, 陈国伟. 废玻璃骨料混凝土的研究[J]. 混凝土, 2006(6): 53- 55.

[24] TAHA R, RAWAS A Al, JABRI K Al et al. An overview of waste materials recycling in the sultanate of oman[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2004, 41(4): 293- 306.

[25] 张孟雄, 张学良, 王卫秋, 等. 建筑垃圾砖的开发及应用[J]. 砖瓦世界, 2006(8): 19- 20.

[26] 万莹莹, 李秋义. 建筑垃圾用作蒸压砖骨料的试验研究[J]. 中国建材科技, 2006, 15(3): 31- 34.

[27] 朱锡华. 利用建筑垃圾生产轻质砌块[J]. 砌块与墙板, 2001(4): 41- 42.

[28] 张义利, 程麟, 严生, 等. 利用建筑垃圾制备免烧免蒸标准砖[J]. 新型建筑材料, 2006(5): 42- 44.

[29] 唐晓翠. 利用再生骨料生产混凝土空心节能砌块试验研究[J]. 新型建筑材料, 2006(8): 15- 18.

[30] SMAIL Z Z, AL- HASHMI E A. Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement[J]. Waste Management. Accepted, 2007.

[31] SIDDIQUE R, KHATIB J, KAUR I. Use of recycled plastic in concrete: A review[J]. Waste Management. Accepted, 2007.

[32] PANYAKAPO P, PANYAKAPO M. Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete. Waste Management. Accepted, 2007.

[33] TURGUT P, ALGIN H M. Limestone dust and wood sawdust as brick material[J]. Building and Environment, 2007, 42(9): 3399- 3403.

[34] COATANLEM P, JAUBERTHIE R, RENDELL F. Lightweight wood chipping concrete durability[J]. Construction and Building Materials, 2006, 20(9): 776- 781.

[35] HUANG Bao- shan, SHU Xiang, LI Guo- qiang. Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements[J]. Cement and concrete research, 2005, 35(10): 2008- 2013.

[36] WONG Y D, SUN D D, LAI D. Value- added utilization of recycled concrete in hot- mix asphalt[J]. Waste Management, 2007(27): 294- 301.

[37] 仇心金, 于献青. 掺贝壳灰蒸压加气混凝土砌块的研究[J]. 墙材革新与建筑节能, 2006(2): 26- 28.

[38] YANG E I, YI S T, LEEM Y M. Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics Part I. Fundamental properties[J]. Cement and concrete research, 2005, 35(11): 2175- 2182.

作者简介: 石建光(1962-)男, 教授, 主要从事混凝土基本性能和混凝土结构研究。

单位地址: 厦门大学土木工程系(361005)

联系电话: 0592- 2183593