

# 绿色建筑视域下再生混凝土研究现状综述

吴卓航, 任思思, 吉延峻

西京学院, 陕西 西安

收稿日期: 2022年6月16日; 录用日期: 2022年7月8日; 发布日期: 2022年7月18日

## 摘要

随着全面进入小康社会, 我国城镇化与新农村建设的推进, 需要将大量的旧房屋、旧设施进行拆除, 难免会产生不计其数的建筑垃圾, 带来了很多绿色环保问题, 比如建筑垃圾绿色环保化处理问题, 但也需要建造新的房屋, 同样也提出了资源利用问题。如何将废弃资源进行回收利用, 需要一系列绿色方案与处理技术。使得建筑垃圾可以再生混凝土, 这不仅解决了建筑垃圾处理, 还节省了混凝土原料资源。本文通过阅读大量文献, 对基于绿色建筑视域下的再生混凝土技术进行了总结, 并提出现在绿色再生混凝土研究的不足。

## 关键词

建筑垃圾, 再生混凝土, 绿色环保

# Research Status of Recycled Concrete from the Perspective of Green Building

Zhuohang Wu, Sisi Ren, Yanjun Ji

Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: Jun. 16<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jul. 8<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

With the comprehensive entry into a well-off society, China's urbanization and the advancement of new rural construction, it is necessary to demolish a large number of old houses and old facilities, which will inevitably produce countless construction waste, bringing a lot of green environmental protection problems, such as the green environmental treatment of construction waste, but also new houses need to be built, and the question of resource utilization is raised. How to recycle waste resources requires a series of green solutions and processing technologies. The construction waste can be recycled concrete, which not only solves the construction waste treatment, but

also saves the raw material resources of concrete. By reading a lot of literature, this paper summarizes the recycled concrete technology based on green building, and puts forward the shortcomings of green recycled concrete research.

## Keywords

Construction Waste, Recycled Concrete, Green Environmental Protection

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国城市化建设的步伐越来越快,对于建筑材料的消耗急剧增加,一方面是已经成型的旧建筑需要翻新,原本的建筑材料就变成了建筑垃圾,使得建筑材料资源变成一次性消耗品;另一方面,现在的建筑越来越高,规模越来越大,需要大量的建筑材料资源,特别是作为主要建筑材料的混凝土,其制备原料为砂石。目前,国家要坚持绿色发展之路,要实现可持续发展,需要构建科技含量高、资源消耗低的产业模式,基于此背景,建筑行业需要从传统观念向绿色可持续观念转变[1] [2] [3]。

随着绿色低碳循环发展理念不断深入人心,越来越多的国内研究人员开始重视再生混凝土的研究,再生混凝土是将建筑废弃混凝土经过一些手段达到资源循环利用的目的[4] [5] [6]。通过将废弃混凝土经二次破碎、清洗以及分级等操作后,再与水泥混合在一起,就形成再生混凝土,不仅使得建筑垃圾得到了回收,而且一定程度上减少了混凝土原料砂石的消耗,可谓一举两得,总体效益得到双倍提升,在生态修复、绿色循环方面成效显著[7] [8] [9]。

## 2. 国内外再生混凝土的研究现状

对混凝土的再生利用技术想法的提出,诞生于第二次世界大战之后,由于这次战争使用大量的现代化武器,对建筑的摧残非常严重,可以达到将建筑瞬间碾平的威力,造成了很多建筑废墟,面临着重建家园的问题,此时产生的大量混凝土等建筑垃圾,需要新的处理方案,在此背景下,各国开始对混凝土的循环处理进行研究,由于发达国家的科技水平较高,对混凝土领域已经有了成熟的研究,目前,在再生混凝土领域已经取得了很多的成就,形成了相对完善的资源化利用体系,在本国有了再生给你听技术规范,早已在实际工程中得到了应用[10] [11] [12]。

我国在混凝土研究领域起步较晚,对基本技术参数的研究还不完备,还未进行规模化应用,只停留在实验室阶段,由于再生材料有着复杂性、变异性的特点,不能轻易的控制好再生混凝土质量。但近几年我国对再生混凝土的研究也越来越重视,先后颁布了环境防护和垃圾处理条令,国内不少学者对其进行研究,因而也取得许多显著成果[13]。近年来,国内一些建筑公司的专家、高校和科研院所内的工作人员对再生混凝土开展了研究,进行了大量实验,对再生混凝土的研究方面主要集中于:

1) 将再生混凝土工艺流程化,研制出高效的生产设备。如日本研制出的可生产高品质的再生骨料装置,可以实现将建筑拆除后产生的混凝土建筑垃圾,经过再生骨料装置,成功变成新混凝土,即再生混凝土。对于俄罗斯的某些建筑公司,已经可以将钢筋混凝土块进行破碎处理,并且形成了一套完整的破碎工艺流水线。在德国,对于材料分离工艺应用广泛,几乎每个地区都有此类工厂,可将废弃的物品,

经过分离工艺,提取道干净的可再生材料,对资源可持续发展具有重要意义。而美国则利用微波技术,将道路上的旧沥青经过高温处理后,回收为新的再生材料。国内在国外生产工艺的基础上,进行改良和创新,不断深入研究,也取得了不错的技术成果[14] [15] [16] [17] [18]。

2) 对于再生骨料和再生混凝土的性能方面的研究,还主要局限在基本性能,对于再生混凝土,有着较多的孔隙,相对原材料砂石,密度较小,有较强的吸收性,由于强度较低使其满足不了特殊应用场景,所以对高强度再生混凝土的研究已经处于尝试阶段。

3) 由于再生混凝土是将混凝土废料破碎之后,再与其他材料配合而成,通过改变再生混凝土的配合成分,使其性能得到改善,目前主要的添加成分有掺加矿物外加剂、聚合物改性剂以及高效减水剂等。M. C. Limbachiya 的研究方法是建立了强度与水灰比的函数关系,来寻找最佳强度时的配合比,经过实验,当组分中再生骨料的量低于三分之一时,对再生混凝土的强度没有增强效果,当强度超过 50 MPa 时,其工程性质和耐久性才表现出优化效果[19] [20]。

4) 对于再生混凝土的工作性能和物理性能,崔鹏研究发现,通过改变 RCA 含量,再生混凝土性能有所变化,当 RCA 含量增加时,混凝土的抗压强度反而逐渐减小,两者呈现出负相关的特性,这可能与和易性较低有关,而且这种再生混凝土密实度增加时,原生混凝土的密实度就会降低,呈现负相关的表现,相对原生混凝土而言,掺有 RCA 密实度更小,这可能与 RAC 的高吸水性有关[21]。徐亦冬通过改变配合成分改善了工作性,他是利用粉煤灰、矿渣及硅灰等矿物,将这些物质结合到再生混凝土中,通过粉体合理的组合使得物理性能进一步提升。邱怀中研究发现,利用入高效减水剂对混凝土流动性都有很大提升,磨细粉煤灰相对而言提升作用不明显,但都可以起到强化工作性的效果[22] [23]。

5) 在再生混凝土的力学性能方面,邢振贤对此研究表明,骨料的含量对再生混凝土的抗压能力有直接影响,当所含的骨量占比较多时,以上力学性能指标会下降,呈现出反比关系,说明骨料可影响脆性与韧性[24]。杜婷研究发现化学浆液也可提高抗压强度[25]。

6) 再生混凝土的耐久性。当骨料在混凝土中占比为一半时,其强度值达到最佳,使得再生混凝土的抗盐冻侵蚀性也到的强化。对于再生混凝土的干缩性而言,当配合中的水灰比越低时,干缩性越好。还有学者发现通过掺加粉煤灰的方法来影响骨料的孔隙结构,可对干缩性起到优化作用,而且比调节水灰比的优化效果更佳,粉煤灰还可以增强再生混凝土的耐久性,对于粉煤灰的掺加量并非越多越好,达到一定掺量再增加,性能反而下降,可参考戴薇原的研究[25] [26]。为提高再生混凝土的强度和耐久性,Vivian W. Y. Tam 进行了创新实验,结果发现该拌合方法对耐久性有直接影响,由于此方法便捷易掌握,为再生混凝土的广泛应用提供了理论基础与实践路径[27]。

7) 再生混凝土的结构性能。由于现在道路建设如火如荼,大量研究都集中于提升机械性质,而对于结构性能的研究相对较少,但也有一些学者在此领域开展研究,在再生混凝土在被作为结构材料使用时,其内部没有嵌入钢筋时,再生混凝土承受剪切力的能力与骨料的含量有关,当含量低于四分之一时,承受剪切力骨料的含量没有关系,当嵌入钢筋后,不管再生骨料的含量如何变化,对混凝土抗剪能力影响都都很小。

8) 对于再生混凝土的强化和改性研究,由于混凝土是由多种材料掺和、搅拌、密实而成,内部结构很复杂,经过硬化后,高度不均匀,再生混凝土的强度主要与界面过渡区有关,所以对界面过渡区的性质进行了研究,实验表明,改变骨料的掺量并不会影响界面过渡区强度,但改变水灰比,可对其造成影响,并且这种影响是负相关的。水灰比较低时,其对强度影响不大,此时再生混凝土的强度主要取决于骨料的性质,当水灰比较高时,就能对再生混凝土的强度起到决定作用。但是,陈云钢研究表明,对于轻集料混凝土而言,以上规律不适用,因为再生混凝土的强度与孔隙有很大的关系,孔隙变大强度就会

降低[28]。而轻集料虽然孔隙很特殊,但粗糙的表面特征遇到水泥浆时,浆液会渗入集料的孔隙中增加厚度,反而改善了界面结构,使得水泥浆充当粘结剂的作用,在界面区形成更好的整体性。再生骨料表面特征粗糙,遇到水泥浆也会形成与轻集料一样的效果。对于不同类型的集料,由于表面特征也不相同,就代表着孔结构不同,所以可对过渡区形成不同微观结构,使其具备不同的特性,由轻集料和水泥浆的作用研究可知,过渡区的性质还取决于间隙水的含量,这与吸水性有很大的关系,对于孔隙结构的影响,当孔径大于 50 nm 时,就可对界面过渡区强度造成影响,从而影响到再生混凝土的强度性能,所以可根据此结论对再生混凝土进行强化和改性研究。

武汉理工大学的万惠文等在再生混凝土体系中加入高效减水剂,使其在维持混凝土塌落度不发生改变的情况下,使得再生混凝土拌合用水量减少,从而使拌合物的流动性改善,在此基础上,又向再生混凝土体系掺入磨细粉煤灰,对水泥颗粒有分散作用,使得工作性提高[29]。杜婷等将具有粗糙表面的再生骨料浸泡在水泥、超细矿物等调配而成的浆液中进行强化处理,经处理后的再生骨料具有很好的性能。可用于再生混凝土的强化和改性的研究中。

### 3. 再生混凝土存在的问题

作为再生混凝土的主要组分,骨料可以起到的是骨架的作用,骨料的性能对混凝土拌合物的工作性、力学性能以及耐久性有着直接影响,由于骨料具有较大的孔隙,有较强的吸水性等特点而造成强度降低,所以可针对骨料的这些特性进行优化研究。

随着骨料掺加含量越来越多,混凝土的剪切强度就会下降,还可通过将颗粒之间的粘结力增加的方法,使混凝土整体连接能力和强度增加,比如在加工过程中掺入钢纤维;对于再生骨料孔隙率高,造成破碎时出现大量的裂纹问题和吸水率大的问题,从而导致收缩率增大,可能造成混凝土结构出现较大裂缝,使得再生混凝土的防水能力和防腐蚀能力下降,而且比普通混凝土相比,氯离子的渗透性也会降低,可通过在孔隙中加入粒径非常小的细矿物粉末等方法进行改善[30]。

### 4. 结语

再生混凝土技术符合现阶段所倡导的绿色循环发展理念,使废弃的建筑垃圾重复利用,不仅避免建筑垃圾占用农田,还对天然砂石这种不可再生资源起到了节约作用,防止自然资源的开采过度。

对于再生混凝土还需要进行系统性研究,对存在的问题进行优化解决,为推动我国再生混凝土技术的研究与应用,需要整个社会的努力,这不仅具有深刻的现实意义,还能带来经济与环境效益,相信在不久的将来,对绿色混凝土的整体特性实现优化,争取早日达到并超越原生混凝土物理特性,在建筑领域投入并使用。

### 参考文献

- [1] 周静海,何海进,孟宪宏,等.再生混凝土基本力学性能试验[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2010,26(3):464-468.
- [2] 刘数华.高性能再生骨料混凝土试验研究[J].沈阳建筑大学学报:自然科学版,2009,25(2):262-266.
- [3] 胡敏萍.不同取代率再生粗骨料混凝土的力学性能[J].混凝土,2007(2):52-54.
- [4] 王江,薛燕,周辉.再生混凝土抗压强度研究[J].混凝土,2006(7):47-49.
- [5] 孔德玉.天然与再生骨料混凝土水灰比统一规定(I)——粗骨料强度的影响[J].建筑材料学报,2003,6(2):129-134.
- [6] 张亚梅,秦鸿根,孙伟,郝东明,宁钟.再生混凝土配合比设计初探[J].混凝土与水泥制品,2002(1):7-9.
- [7] 李灿,赵庆双,尹大刚.我国建筑垃圾处理现状及建议[J].河北企业,2021(2):24-25.

- [8] 钟秀霞. 建筑垃圾资源化利用的现状与策略分析[J]. 江西建材, 2019(12): 2-3.
- [9] 盛宇, 张荣芳, 唐文玲, 张忠相, 龙丽娟, 吕珊珊. 建筑垃圾再生利用存在的问题与对策分析[J]. 大众标准化, 2020(10): 138-139.
- [10] 张丽巧. 建筑垃圾资源化与循环再应用及工艺分析[J]. 智能城市, 2020, 6(23): 115-116.
- [11] 薄娜娜, 高莹莹. 建筑垃圾处置技术与资源化现状[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(8): 4072.
- [12] 时乐. 我国建筑垃圾现状分析及其资源化利用进程发展[J]. 建材与装饰, 2020(10): 161-162.
- [13] 邓攀. 建筑垃圾资源优化方法和利用价值[J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(11): 63-65.
- [14] 张力, 袁晓洒, 贾星亮, 李晋希. 浅谈建筑垃圾资源化再生混凝土现状[J]. 科学技术创新, 2020(4): 95-96.
- [15] 杨小春. 道路工程施工中沥青路面再生技术的应用研究[J]. 江苏科技信息, 2016(5): 77-78.
- [16] 李荣, 陈荣名. 道路工程施工中沥青路面再生技术的应用研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(28): 87.
- [17] 沈红荣. 沥青路面冷再生技术在道路工程施工中的应用[J]. 环球市场, 2018(36): 284.
- [18] 李星宇. 道路工程施工中沥青路面再生技术的应用[J]. 建材与装饰, 2017(28): 268.
- [19] Purushothaman, R., Amirthavalli, R. and Karan, L. (2015) Influence of Treatment Methods on the Strength and Performance Characteristics of Recycled Aggregate Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, **27**, Article ID: 04014168. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001128](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001128)
- [20] Lumbuchiya, M.C. (2000) Use of Recycled Concrete Aggregate in High-Strength Concrete. *Materials and Structure*, **33**, Article No. 574. <https://doi.org/10.1007/BF02480538>
- [21] 崔鹏. RCA 强度对再生混凝土力学及变形的影响[J]. 甘肃科技, 2021, 37(17): 111-114.
- [22] 张利娟, 徐亦冬. 再生混凝土集料试验分析[J]. 公安海警高等专科学校学报, 2008, 7(2): 21-24.
- [23] 沈建生, 徐亦冬, 周士琼, 等. 再生混凝土配合比设计[J]. 新型建筑材料, 2007(8): 18-20.
- [24] 马永志, 邢振贤, 韩岚岚, 高桢赞. 建筑垃圾骨料性能及再生混凝土的性能研究初探[J]. 四川建材, 2018, 44(11): 20-21.
- [25] 杜婷. 建筑垃圾再生混凝土的基本性能及再生骨料强化试验研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学土木工程学院, 2001.
- [26] 沈丹, 孙伟民, 黄颖, 戴薇原, 缪汉良. 再生混凝土配合比设计公式的探讨[J]. 产品与材料, 2008, 36(10): 38-42.
- [27] Tam, V.W.Y. (2008) Concrete Waste Recycling in Australia. *Proceedings of the 1st Symposium on Research and Application of Recycled Concrete in China*, Shanghai, July 2008, 37-51.
- [28] 陈云钢, 孙振平, 肖建庄. 再生混凝土界面结构特点及其改善措施[J]. 混凝土, 2004(2): 10-13.
- [29] 万惠文. 改善再生混凝土工作性能的研究[J]. 武汉理工大学学报, 2003, 25(12): 34-37.
- [30] 尹迪, 杜智超. 再生混凝土研究现状与应用前景综述[J]. 居舍, 2022(10): 39-41.