

废弃混凝土就地再生利用的经济效益分析

张帆

[上海公路桥梁(集团)有限公司,上海市 200433]

摘要: 废弃混凝土就地再生利用能够减少施工现场混凝土废料的外运排放,加工后的再生料可替代天然砂石料用于施工,在国家“双碳”政策下具有较高的环保应用价值,但其前期成本投入及产出的不确定性较大制约了该技术的应用。以上海某大型基坑工程废弃混凝土就地再生利用的案例,通过案例中的废弃混凝土拆除量和回填利用量,对其废弃混凝土就地再生利用的经济效益进行分析,并将其与传统外运处置方式进行对比来测算两者成本投入及产出的效益平衡点,为类似工程废弃混凝土就地再生利用提供参考。

关键词: 废弃混凝土;施工现场;再生利用;经济效益;分析对比

中图分类号: F426;TU9

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)03-0332-04

Analysis on Economic Benefit of On-site Recycling of Waste Concrete

ZHANG Fan

[Shanghai Road and Bridge (Group) Co., Ltd., Shanghai 200433, China]

Abstract: On-site recycling of waste concrete can reduce the external transportation and discharge of concrete waste from construction sites. The processed recycled materials can replace natural sand and gravel for construction, which has high environmental protection application value under the national “dual carbon” policy. However, the uncertainty in the initial cost input and output has greatly restricted the application of this technology. Taking a on-site recycling of waste concrete from a large-scale foundation pit project in Shanghai as a case study, the economic benefits of on-site recycling of waste concrete through its amounts of waste concrete removed and the backfilling recycling are analyzed. And it is compared with the traditional external transportation and disposal methods to calculate the benefit balance point of cost input and output between the two, providing a reference for the on-site recycling of waste concrete in similar projects.

Keywords: waste concrete; construction site; recycling; economic benefits; analysis and comparison

0 引言

随着我国城市化的快速推进,砂石料等自然资源的过度开采和拆除的废弃混凝土的粗放填埋堆弃对自然环境的破坏及污染愈发严重。建筑业作为碳排放的主要领域,废弃混凝土回收利用技术不但可以减少废弃混凝土排放量、减轻环境污染,还可以减少砂石等自然资源的开采和消耗,是节能减排的环保新趋势^[1]。废弃混凝土就地再生利用是废弃混凝土回收利用的处置方式之一,对于有再生料回填需求的工程,该方式相比外运处理企业处置方式能够减少施工现场废料的外运排放,加工后的再生料可用于回填施工,减少了天然砂石料的生产及运输^[2],在国家“双碳”政策^[3]下具有较高的环保应用价值。

在工程废弃混凝土拆除量及回填量都较大的情况下,其经济效益也较为可观。

1 废弃混凝土处置现状

1.1 宏观背景

由于城市化的快速推进产生了大量废弃混凝土,主要来源包括工业建筑工程改造或者扩建、民房住宅拆迁、混凝土市政道路改扩建、基坑钢筋混凝土支撑拆除等等。目前,我国废弃混凝土年产量在1~2亿t左右,大部分地区的废弃混凝土处置方式以堆弃、填埋和粗放回收利用等传统方式为主,导致城市土地资源占用、自然水土资源的破坏及污染等问题^[4]。随着砂石料资源开采紧张和国内环保要求提高,国家推进“无废城市”建设^[5],固体废物从源头减量并资源化利用,最大限度减少填埋量,将固体废物环境影响降至最低,也是一种先进的城市管理理念^[6-7]。上海市在废弃混凝土再生利用领域发布了

收稿日期: 2025-10-27

作者简介: 张帆(1992—),男,本科,工程师,从事大型市政及地下工程项目管理工作。

《上海市建筑废弃混凝土回收利用管理办法》、《关于全面加强本市固体废物综合治理的工作方案》等指导文件,要求废弃混凝土应按照规定进入资源化利用设施进行处置利用^[8]。

1.2 处置方式及用途

废弃混凝土拆除方式主要有手工拆除、镐头机凿除、爆破拆除及静力切割拆除四种方式^[9]。目前上海市城区范围内的大型钢筋混凝土构筑物拆除方式以静力切割拆除为主,该方式能够减少扬尘及噪音,且对结构损坏较小,具有安全、环保、高效的特点^[10-11]。建筑工地的废弃混凝土拆除后处置方式有两种,第1种传统的也是最主要的方式是拆除后运输至再生处理企业进行回收,然后根据回收废料的品质进行分类,加工生产各种类型和质量等级的再生骨料、粉灰等。生产的再生材料用途主要有以下3种:(1)加工后的再生骨料及粉灰按照一定级配混合后用于道路、地基等的填料;(2)再生粉料作为钙质原料和天然石灰石混合后在高温炉中进行煅烧成熟料,研磨后可制成水泥;(3)再生骨料替代天然砂石用于制作再生水稳基层、再生砖砌块、再生混凝土等建材^[12]。第2种处置方式是就地再生利用,适合工程项目有就地利用需求并且现场有再生处置条件的。现场加工后的再生料因设备简易、加工场地受限等原因会影响再生料洁净度和大小,故主要用于施工垫层、或道路基层回填^[13]。

2 废弃混凝土就地再生技术

2.1 就地再生工艺

废弃混凝土就地再生利用以“二级破碎、二级筛分”的方式为主。拆除后的废弃混凝土先通过镐头机粗破碎,然后用颚式破碎机对废弃混凝土进行初步破碎,破碎后的混凝土块通过人工分拣及磁选机剔除掉钢筋、废铁料及杂物等,然后通过筛分机筛分出细骨料和未破碎完全的块体;块体再进入反击式破碎机进行二级破碎,二级破碎后的再生骨料筛分成不同粒径用于生产再生产品^[14]。流程见图1。

2.2 就地再生利用的技术特点

2.2.1 环境效益角度

从环境效益而言,废弃混凝土就地再生利用有以下2个技术优点:(1)实现“拆除→破碎→再生→利用”闭环,减少了废弃混凝土外运导致的外运扬尘、燃油排放、噪音污染等问题,也避免了过多的建筑垃圾占用土地及污染环境,达到资源循环零废弃;

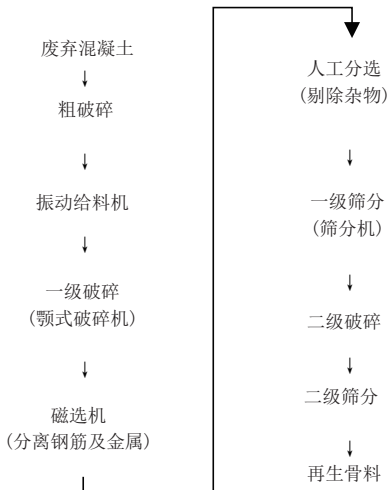


图1 废弃混凝土就地再生工艺流程图

(2)天然砂石料的运输里程通常大于200 km,且天然砂石料的开采对环境破坏较大,再生骨料就地利用可部分替代天然砂石料,减少了天然砂石料的开采和运输,从而有效降低碳排放。

就地再生利用方式能够减少施工现场废料的外运排放,加工后的再生料可替代天然砂石料可用于回填施工,减少了天然砂石料的生产及运输,在国家“双碳”政策下具有较高的环保应用价值。

2.2.2 经济效益角度

从经济效益而言,废弃混凝土就地再生利用有以下3个技术优点:(1)再生骨料可替代天然砂石料用于基层回填、混凝土垫层等^[15],直接减少新材料采购,且再生骨料相比天然砂石料便宜约50~70元/t,经济效益显著^[16];(2)废弃混凝土就地再生处理避免了外运,从而减少了建筑垃圾的约20~40元/t的场外运输费用;(3)相比传统灰土回填,废弃混凝土就地再生利用可以通过场内短驳进行回填,免去直接采购材料的卸车、仓储、二次短驳、分层夯实的等工序,有效减少施工工期。

就地再生利用的方式的经济效益受制于两个方面,第1个是需要前期投入混凝土再生加工设备、加工场地、防尘降噪措施等等大量成本,第2个是现场回填利用量须能够满足再生骨料的产出。若混凝土拆除量和现场回填利用量都比较大,那么前期投入的再生加工建设及租赁成本能够逐渐摊销,再生材料成本逐渐降低,该方式经济效益更加显著;若拆除量和回填利用量都较小,那么直接采购回填材料相比而言更有经济性。保证项目经济效益是废弃混凝土就地再生利用方式进行应用的基础,所以需要在项目前期做好再生利用建设使用方案并进行成本投

入及产出测算,确保可行性和经济效益。

3 案例介绍

某地下空间工程为地下1层,建筑面积约11 000 m²,主要功能为轨道交通地下停车场,上部盖板预留后续商业开发使用。基坑深度约14 m,支护体系为3层钢筋混凝土(混凝土强度C30)内支撑支护结构,钢筋混凝土支撑工作量约78 000 m³。工程基坑采用跳仓法施工,一阶段先施工部分基坑及入场线,待结构回筑后开始二阶段剩余基坑的施工。根据住建部《关于推进建筑垃圾减量化的指导意见》、《上海市建筑废弃混凝土回收利用管理办法》等主管部门相关要求,为实现大型地下工程绿色低碳施工,减少废弃混凝土的处置排放,降低对周边交通环境不良影响,提高资源化利用率,结合工程实际情况,将部分废弃混凝土就地利用,其余运输至废弃混凝土再生处理企业进行回收处置。

通过材料分析、查阅设计要求及相关质量标准,施工现场的再生料可用于回填及堆载。经过统计,再生料约50 000 t可用于盖板上碎石负重堆载工作(满足盖板开发真空期间基坑整体抗浮需求),另外约22 000 t可用于工程后期盖板上规划道路基层回填和盖板防水层以上碎石疏水层铺设,合计使用量约72 000 t。

工程废弃混凝土再生加工量大,施工红线范围不满足条件,所以在基坑附近向建设方临时借用约0.933 hm²闲置土地作为废弃混凝土再生加工处置用地。根据工程的进度计划,计划借地时间为12个月,每月的废弃混凝土加工处理量须达到6 000 t以上。考虑到废弃混凝土加工期间噪音及扬尘问题,搭建了面积2 200 m²的全封闭钢结构大棚。大棚内安装防尘喷淋系统,并设置了沉淀池、炮雾机、洒水车等降尘设备,以满足建筑工地防尘降噪相关要求。现场租赁一套简易废弃混凝土循环再生设备(包括破碎机及筛分机等)、2台装载机、1台挖机及3辆卡车用于生产作业。作业工序为先使用卡车将静力切割的混凝土支撑块装运至再生加工处置区,然后使用液压搞头机对废弃混凝土进行粗破碎,接着使用装载机将初步破碎的废弃混凝土装卸至循环再生设备对其进行一级破碎、筛分并磁吸掉钢筋,待去除杂质分选后进行二级破碎和筛分,最终得到再生石粉、瓜子片和各规格的骨料。后待现场回填作业时,将再生材料装载至对应区域进行卸料回填。

4 经济效益分析

案例工程废弃混凝土处置方式有就地再生利用方式和外运处理企业处置方式,两种方式在施工回填的途径各不相同。就地再生利用方式通过现场加工生产再生料用于回填,而外运处理企业处置方式只能通过采购回填料进行回填。现对两个方式进行成本分析,对比其经济效益。

4.1 外运处置并采购回填料的成本测算

外运处置并采购回填料的方式需先外运处置废弃混凝土,该方式包含运输费,且回填料的采购价格偏高。案例工程再生石料满足回填材料要求,根据上海市市场价再生石料为60元/t,现场使用量为72 000 t,故材料采购直接费用为72 000×60=4 320 000元。此外由于材料直接采购,所以现场切割掉的废弃混凝土需全部外运至废弃混凝土再生处理企业进行回收处置,产生了回收费用及运输费用。废弃混凝土再生处理企业的回收价格为15元/t。案例工程距离再生处理企业30 km路程,需施工企业派卡车运输,运费为25元/t。此外割掉的废弃混凝土含有钢筋,根据测算废弃混凝土中含钢量为8.5%,所以废弃混凝土的外运费为 $72\,000 \div (1-8.5\%) \times (25-15) = 786\,885.25$ 元。材料直接采购的总成本为4 320 000+786 885.25=5 106 885.25元。

4.2 就地再生利用的成本测算

就地再生利用的方式需要前期建设成本投入,对现场使用量有较高要求。根据案例工程,废弃混凝土就地再生利用有建设成本和运营成本,其中建设成本主要是全封闭钢结构大棚建筑安装费用,包括钢结构大棚搭设、地坪浇筑、沉淀池砌筑、喷淋系统安装、炮雾机安装等费用。运营成本主要是租赁费用及日常水电费,租赁内容包括0.933 hm²土地、一套废弃混凝土处理再生设备、2台装载机、1台挖机和2辆卡车。具体成本见表1。

4.3 成本平衡点分析

通过表1成本测算,对比得出废弃混凝土就地再生利用方式相比外运处置并采购回填料方式的成本降低了828 885.25元,故案例工程就地再生利用方式的经济效益更显著。但需注意的是,废弃混凝土就地再生利用方式在前期需投入较大的成本,故对现场使用量有最低阈值以保证经济效益。最低阈值即两个方式的成本平衡点,可通过案例工程的数据进行测算。假设现场使用量为x t,那么材料直接采购

表 1 废弃混凝土就地再生利用成本表

序号	成本项	数量	使用月份	单价/元	合价/元
1	钢结构大棚				1 480 000
2	土地租赁费/hm ²	0.933	12	2 083.33	350 000
3	处理再生设备/台	1	12	55 000	660 000
4	装载机/台	2	12	22 000	528 000
5	挖机/台	1	12	35 000	420 000
6	卡车/辆	2	12	26 000	624 000
7	水电费		12	18 000	216 000
8	合计				4 278 000

成本 = $60x + x \div (1 - 8.5\%) \times (25 - 15)$, 现场再生利用成本 = $1\,480\,000 + (2\,083.33 \times 14 + 55\,000 + 22\,000 \times 2 + 35\,000 + 26\,000 \times 2 + 18\,000) \times x \div 6\,000$, 当废弃混凝土外运处置并采购回填料成本等于就地再生利用成本时, 即 $70.93x = 1480\,000 + 38.86x$, 计算得出现场使用量 $x = 46\,149.05\text{ t}$, 那么两种方式达到成本平衡点。对应的两种方式经济效益对比见图 2。

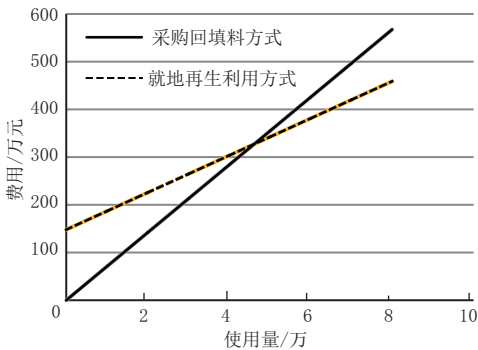


图 2 回填方式对比图 (单位: 万元)

案例工程的废弃混凝土就地再生利用方式和外运处置并采购回填料方式的成本平衡交点的使用量为 46 149.05 t, 即使用量在 46 149.05 t 以下时采用废弃混凝土外运处置并采购回填料方式的经济效益更显著, 而当使用量在 46 149.05 t 以上时, 采用废弃混凝土就地再生利用方式的经济效益更显著。

4.4 小结

从以上经济效益分析得出, 废弃混凝土就地再生利用方式相比外运处置并采购回填料方式, 其经济效益受到前期建设成本、工程废弃混凝土拆除量及现场回填量等因素的影响较大。当废弃混凝土就地再生利用的量需达到 46 149.05 t 时, 与外运处置并采购回填料方式达到成本平衡。故废弃混凝土就地再生利用方式对工程的拆除量及回填量有较高要求, 当前期建设成本低、现场回填需求越多时, 其经济效益就越显著。因此废弃混凝土就地再生利用技术从经济效

益而言更适用于大型工程, 比如采用钢筋混凝土支撑的地下工程、拆除重建的市政道路桥梁等工程。

不同项目类型、不同的现场实际情况对效益平衡点测算有不同程度的影响, 影响测算的因素主要有以下几个方面: (1) 现场加工好的再生石料若不能立即用于工程回填时, 则需要存储堆放, 会增加借地费用及材料存储管理费用; (2) 砂石料的价格受到市场行情影响产生波动。若砂石料价格上涨, 就地再生利用方式成本平衡点将提前, 经济效益增加。相反若石料价格下跌, 成本平衡点将延后, 经济效益减小; (3) 钢结构加工棚建设费用是废弃混凝土就地再生利用方式中投入最大的成本, 建设场地条件、加工体量大小、周边环境影响 (扬尘、噪声控制) 等等因素对于建设费用都有较大影响, 故需要在建设前进行详细的周边影响因素排摸和施工方案编制评审, 才能合理测算建设成本。

5 结 语

建筑业是资源消耗的主要行业, 也是碳排放的重要领域, 废弃混凝土就地再生利用技术能够有效减少碳排放, 是节能减排的环保新趋势, 在当前“双碳”政策下具有较高的环保应用价值。该技术需要通过合理的可行性研究、方案编制及费用测算, 解决其前期成本投入及产出的不确定性以保证其经济效益, 才能更好地进行应用。

参考文献:

[1] 丁志坤, 王欣睿, 文馨平. 基于混合仿真试验的建筑拆除废弃物业管理减碳减排效益研究[J]. 安全与环境学报, 2024, 24(6): 2444-2453.

[2] 陈妍希, 黄蓓佳, 晏华, 等. 上海市建筑废弃混凝土回收利用碳效益分析[J]. 新型建筑材料, 2025, 52(3): 102-105.

[3] 王建国. 中国建筑“双碳”路径的科学问题与研究建议[J]. 中国科学基金, 2023, 37(3): 353-359.

[4] 梁超锋, 黄冬丽, 段珍华, 等. 建筑废弃混凝土再生处理临时场所实施现状与问题分析[J]. 混凝土, 2021(9): 129-133; 139.

[5] 李金惠, 卓玥雯. “无废城市”理念助推可持续发展[J]. 环境保护, 2019, 47(9): 9-13.

[6] 姜玲玲, 丁爽, 刘丽丽, 等. “无废城市”建设与碳减排协同推进研究[J]. 环境保护, 2022, 50(11): 39-43.

[7] 李建明, 王志刚, 王一峰. 基于固体废弃物资源化利用的“无废城市”建设初探[J]. 中国水土保持, 2019(7): 31-35.

[8] 周骏. 废弃混凝土处置现状及典型项目效益研究—以上海市为例[J]. 环境科学与管理, 2024, 49(12): 21-26.

[9] 舒安, 洪琦. 深基坑混凝土内撑 4 种拆除方法的比选[J]. 施工技术, 2011, 40(增刊 2): 36-39.

[10] 刘勇, 诸葛仲彦, 付饶, 等. 基坑支护结构的绿色拆除与处理技术[J]. 施工技术, 2017, 46(14): 13-17.

[11] 沈军, 贾峰, 李世豪, 等. 废弃混凝土切割再利用技术的经济性分析[J]. 2021, 52(7): 822-824.

(下转第 345 页)