

# 建筑废弃物在基坑回填中的应用研究

## ——基于《建筑结构》智慧教学中的工程模拟

刘征宇, 陈艳敏

(商丘工学院, 河南 商丘 476000)

**摘要** 为了验证实验模拟对《建筑结构》教学的促进作用, 本实验主要是在高校的智慧仿真实验室对整个内容进行仿真模拟。模拟的内容是针对建筑所产生的废弃物的再生料用于狭隘基坑区域的回填研究, 在模拟实验中通过使用振动水密法的回填方式, 获得了较为成功的预期结果。从分层厚度上和密实度上都达到了国家相关的规范等级, 符合相应的规范标准, 该研究推动了建筑废弃物用于基坑回填的发展。该试验的成功对推动建筑废弃物再生料用于进行狭隘区域的回填具有非常重要的发展意义。本实验主要是通过软件系统模拟整个实验流程, 整体消耗也不大, 属于绿色节能型的实验研究, 可节约教学资源, 降低学习难度, 提升趣味性和学习效率。

**关键词** 废弃物; 再生料; 实验模拟; 基坑回填; 教学改革

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)03-0106-03

从通俗意义上讲, 在建设工程施工过程中产生的所有建筑垃圾统称为建筑废弃物, 在整个建设工程的建设修缮拆除等过程中会产生大量的废渣废砖、混凝土块等各种废弃物, 其中废砖块废弃的混凝土块经过机械破碎之后可以形成具有一定强度的颗粒材料, 但这些废弃料的整体强度并不是很高, 现阶段关于建筑垃圾废弃物的整体回收并不是很普及, 大部分的是被直接堆放在外部环境中或者直接堆放在某些需要填埋的区域很少进行回收利用。经过一系列措施, 被回收的废弃物大部分也是用在路基、低强度的预支架或气块生产中, 作为基坑回填的回收并不是很多<sup>[1]</sup>, 如果这些建筑废弃物得不到有效处理的话, 会对生态环境造成严重的影响。因此, 将建筑废弃物用于基坑回填具有很重要的现实意义, 但并不是所有的建筑废弃物都可用于回填, 本文正是以此为课题进行的实验分析研究。

目前用于基坑回填的材料主要是砂饰面和粘性土, 同样也有部分采用石粉渣的案例, 在回填过程中主要通过夯实和压实等工艺, 但如果基坑回填面积比较小的话, 设备难以作业, 也就无法按照标准落实进行分层回填、压实, 整体的压实度难以达到规范标准。对于狭窄区域的基坑回填来说, 如何提高压实率是一个急需解决的技术性难题, 因此将建筑废弃物用于狭窄区域的回填是非常具有研究意义的。

### 1 实验方案

本课题在研究的时候选用的是深圳市南岗工业区某综合楼狭隘基坑的回填作为模拟研究对象, 分析废弃物再生料用于狭隘基坑的回填效果分析。

用做实验分析的项目设计为地上5层, 地下2层, 总体的占地面积为4920平方米。该项目施工时根据周围的地质情况, 设计基坑的深度为平均9.6米到10.6米, 基坑周长为240米。整体的回填土方量达到3000立方米<sup>[2]</sup>。

在施工时为了满足实际的施工, 需要将整个基坑分为三个区域进行回填。基坑东侧和南侧回填采用的是厚度为1米的石渣粉, 北侧采用的是分层厚度为1.5米的再生料。各区域均使用振动水泥法进行回填, 相邻回填区使用砖块砌筑隔离, 为了避免墙体受影响, 两侧对称回填。

### 2 建设工程废料的颗粒检验

该实验的对象是使用建筑废弃物进行进一步加工之后所获得的再生料和石渣粉, 其重点研究对象为再生料, 在实验室中首先采用相应的仪器设备对再生料的颗粒进行击实实验, 对再生料的类别、含水率、干密度进行检验。对颗粒物进行检验之后, 得到相应的数据如表1所示, 根据国家相关行业规范标准, 再生料属于级配不良砂<sup>[3]</sup>。

★基金项目: 商丘工学院2021年高等教育教学改革研究与实践项目(2021JGXM06); 商丘工学院2022年校级科研项目(2022KYXM04)。

表 1 建筑废弃物再生材料颗粒级配分析实验数据

孔径 /mm	分级筛余 /%	累积筛余 /%	小于该孔径土质量百分比 /%
40	0	0	100
20	0	0	100
10	2.4	2.4	97.6
5	15.9	18.3	81.7
2	18.8	37.1	62.9
0.5	24.2	61.3	38.7
0.25	15.6	76.9	23.1
0.074	19.3	96.2	3.8
0.05	/	/	/
土的类型	级配不良砂		

表 2 建筑废弃物再生材料击实实验数据表

实验项目	实验次数				
	1	2	3	4	5
湿料质量 /g	1865.0	1956.0	1987.0	1962.0	1939.0
湿密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	1.87	1.96	1.99	1.97	1.94
含水量 /g	12.8	14.2	15.2	16.6	18.2
干密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	1.66	1.72	1.73	1.69	1.64
实验结果	最大干密度: 1.73g/cm <sup>3</sup> ; 最佳含水率: 约 15.2 %				

### 3 灌排水系统设置

由于振动水平法的施工前提是必须确保材料的进水属于饱和状态,因此根据回流的流程需要先设计给排水系统,通常来说整个排水系统主要是由坑底部位的集水井,降水井、地面的存水系统等结构组成<sup>[4]</sup>。在该项目中,为了满足工作落实的需要,在西侧和东侧分别设置了两个集水井,并根据积水和灌水排水的需要,又单独设置了两个高于地面的降水井,为了保障整体结构的稳定性,在降水井外面包裹了两层 40 毫米的钢筋笼网,同时通过两米的扶墙来防止钢筋笼出现倒塌。

在原本的排水明沟中使用碎石料回填之后,形成排水盲沟,为了防止回填材料挡住盲沟,需要在上面积加上两层建筑防护网,开始灌水之后使用地面储水系统中储存的水通过一定的引流方式进行人工灌注。

### 4 整个回填施工工艺的要点

#### 4.1 振动水密法

根据该工艺的施工需要,回填材料的沙土废料和石粉渣等按照特定的比例配合好之后,进行分层摊铺,每层的摊铺厚度控制在 50~80 厘米,当摊铺完成之后,

灌水并使用振捣棒振捣,等整体表面不再有积水之后,再检验其整体的密实度<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 工艺说明

为了满足整个振动水密法的施工,在施工之前需要用到水准仪、振捣棒、钢卷尺、手推车、现场压式检测仪等。其中振捣棒适用于当对填料填好之后,灌水的情况下进行振捣密实,钢卷尺是为了控制每一层的堆填厚度。其中水泵是用于将坑底的水重新抽到地面的集水箱里面,作为后续回流的循环用水<sup>[6]</sup>。

#### 4.3 操作要点

##### 4.3.1 灌排水系统

该工作中一共用了两个积水井,最终下方的水是经过白排水盲沟汇聚到集水井里面,最后再通过水泵用于回填中的水使用。

##### 4.3.2 清理基底

在施工之前为了保障施工的质量,一定要将基层的水清理干净,尤其是淤泥。如果底物存在着明显的淤泥土的话,需要先将其清理干净,避免底部存在大量的垃圾和浮土,保证底部整体的密实和平整。

#### 4.3.3 分层摊铺

对于回填料,一般使用施工机械将其运送到基坑旁,并对基坑进行回填,由于本课题研究的是狭窄基坑的回填,因此并不是所有的地方都适合使用大型机械,一些比较狭隘的地方由于机械过不去,必须要使用手推车进行二次转运,在转运过程中需要控制隔离墙两侧的高度,避免隔离墙出现倾斜<sup>[7]</sup>,为了保证每一层回填的厚度都差不多,可以先在坑中画好每层的回填厚度的标志线,当堆填料达到标志线之后进行人工整平,按照设定好的标志线分层进行填铺,从而达到控制整体填铺的目的。本实验中再生料每层回填的厚度控制在1.0~1.5米,使用水准仪,在基坑护壁的上部标注上每一层的高度控制线。

#### 4.3.4 灌水渗透

在灌水的时候,储水箱里面的水通过喷洒的方式全部喷洒在填料的上部,通过均匀喷洒时水会均匀没过填料,等到填料整体的水量达到一定标准之后,当填料没在下一段时间之后,便可以认为水已经充分渗透填料。

#### 4.3.5 振捣密实

等回填料被充分水润之后,便开始后续的振捣工作,振捣是非常关键的一个工作。在振捣时相应的工作人员要先到填料的表面使用振捣棒缓慢地插入填料内部,然后在填料的表面开始进行往复的振捣,先将振捣棒向下伸入30厘米,然后静止30秒之后再抽出,通过多次的振捣和均匀振捣之后,能使两层不同的材料达到充分的衔接。在振捣填料的时候振捣棒的抽拔速度每分钟不要超过1米。振捣棒两个振捣点的相隔距离不能够大于作用的半径。一般来说振捣棒作用半径为30~40厘米,一定要保证整体的振捣效果,确保不漏振,确保振捣的密实度符合要求。

在振捣完成之后,将下方集水井里面的水再抽至表面,然后在上层继续摊铺回填料,并达到相应的摊铺厚度之后,再次使用振捣棒进行振捣。

#### 4.3.6 压实度检测

当振捣完成之后,要及时进行压实度检验,通常来说是等表面积水干净之后,便可以开始压实度检测,目前行业里用的最多的就是灌砂法检测。

### 5 回填实验检测数据分析

为了更好地检验建筑垃圾再生料是否可以用于基坑狭隘地区的回填,在整个施工过程中要做到全方面地、详细地记录资料。在每两层回填之后的第2天通过灌砂法检测整体的压实度,等最后一层回填过之后,需要相隔3天以上再进行压实度检测,最后收集到数据。

通过分析各项数据可以得知:

1. 在基坑北侧的最小压实度为92.7%,平均压实度达到了98.6%,从整体数据上看基本符合基坑回填的相关规范要求。

2. 通过记录施工之间的数据发现,在振捣回填的时候最好振捣2~3遍,每个点的振捣时间最好要大于30秒,相邻点振间的距离为30~40厘米。

3. 通过水密法将再生料用于基坑狭隘地区的回填是可以的。

### 6 结论

通过该实验验证了建筑废弃料按照水密法处理之后用于基坑狭隘地区的回填,取得了较为明显的成功,最大的压实率达到了98.6%,而且每一层回填的厚度加大了,可以有效地节约管理成本和时间成本。

虚拟仿真软件拓展了传统实验教学的深度与广度,其内容大部分来自前沿科研和技术成果,对高校专业实验教学引领经济社会发展具有重要作用。

实验模拟之前,应具备足够的理论储备,包括实验原理、实验方法、施工过程等;教学中通过使用仿真软件进行实验模拟,将实际工程生动形象地呈现在学生面前,并与学生进行交互,相对于课堂教学,此种方式更符合人类大脑的学习规律,它可以节约教学资源,降低学习难度,提升趣味性和学习效率。实验过后,实验过程被完整记录,并上传到云端,学生可以重复查看并进行信息互联。总之,在《建筑结构》的教学中,应增多实验模拟的课时量,充分发挥智慧教学的优势。

### 参考文献:

- [1] 林荣. 浅谈建筑垃圾作回填土的处理[J]. 施工技术, 2008(06):357-358.
- [2] 中国建筑科学研究院. 建筑地基基础设计规范:GB 50007-2002[S]. 北京:中国工业出版社,2011.
- [3] 张耐华. 两次振动饱和水密法填砂地基处理工法[J]. 建筑施工, 2010(08):782.
- [4] 周保生, 江建, 陈智斌. 建筑废弃物再生材料在基坑回填中的应用研究[J]. 市政技术, 2016,34(02):162-164, 196.
- [5] 张辉华. 民宅房屋建筑基坑回填技术研究[J]. 城市建设理论研究:电子版, 2015(15):6259-6260.
- [6] 李凯. 浅析建筑基坑回填的标准施工方法[J]. 中国标准化, 2016(9X):165-166.
- [7] 涂亮亮, 蔡文科, 许勤, 等. 建筑废弃物再生集料振捣水密回填技术[J]. 建材世界, 2022,43(06):61-64,76.