

水泥稳定建筑垃圾再生集料基层技术规范

Technical specification for cement stabilized construction waste recycling aggregate
base

2024 - 09 - 30 发布

2024 - 10 - 30 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原材料 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 再生粗集料 2

 4.3 再生细集料 3

5 配合比设计 3

 5.1 配合比设计流程 3

 5.2 再生级配集料 4

 5.3 水泥稳定再生集料 4

6 施工 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 拌合 4

 6.3 摊铺 5

 6.4 碾压 5

 6.5 养生 5

7 施工质量控制与验收 5

 7.1 一般规定 5

 7.2 材料检验 5

 7.3 施工质量控制 6

 7.4 检查验收 7

附录 A（规范性） 再生粗骨料中再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量试验方法 8

 A.1 仪器设备 8

 A.2 取样数量 8

 A.3 试样处理 8

 A.4 试验步骤与结果处理 8

 A.5 计算 8

参考文献 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

水泥稳定建筑垃圾再生集料基层技术规范

1 范围

本文件规定了水泥稳定建筑垃圾再生集料基层、底基层的原材料、配合比设计、施工、施工质量控制与验收的技术要求。

本文件适用于公路新建、改扩建和养护维修工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 14685 建设用卵石、碎石
JTG 3432—2024 公路工程集料试验规程
JTG 3441—2024 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T F20—2015 公路路面基层施工技术细则
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑垃圾 **construction waste**

各类建筑物、构筑物、管网在建设、拆除、修缮过程中所产生的固体废弃物。

[来源：JTG/T 2321—2021，2.0.1，有修改]

3.2

再生集料 **recycled aggregate**

由建筑垃圾中的混凝土、砂浆、石等加工而成的粒料。

[来源：JC/T 2281—2014，3.1，有修改]

3.3

再生粗集料 **recycled coarse aggregate**

粒径大于或等于4.75 mm的建筑垃圾再生集料。

[来源：JTG/T 2321—2021，2.0.4，有修改]

3.4

再生细集料 **recycled fine aggregate**

粒径小于4.75 mm的建筑垃圾再生集料。

[来源：JTG/T 2321—2021，2.0.5，有修改]

3.5

水泥稳定再生集料 **cement stabilized recycled aggregate**

以水泥为结合料，由再生级配集料配制的无机结合稳定混合料。

3.6 再生混凝土颗粒 recycled concrete particles
建筑垃圾再生集料中混凝土和石质颗粒的统称。

3.7 轻质杂物 lightweight impurities
建筑垃圾中密度较小的塑料、木块、布片、纸屑等杂物。
[来源：JTG/T 2321—2021，2.0.7]

3.8 微粉 fine powder
再生细集料中粒径小于0.075 mm的颗粒。

4 原材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 再生集料可与天然集料混合使用。
- 4.1.2 水泥稳定建筑垃圾材料应采用不少于 4 个等级的工程粒径备料，分级宜为：0 mm～5 mm，5 mm～10 mm，10 mm～20 mm，20 mm～30 mm 四种规格。
- 4.1.3 再生集料最大粒径应小于 37.5 mm。
- 4.1.4 再生集料运至现场后应抽样检验，合格后方可进场。
- 4.1.5 相同料源、规格、砖石比例和加工工艺的建筑垃圾再生集料应单独堆放。
- 4.1.6 水泥和水等其他原材料质量应符合 JTG/T F20—2015 中的规定。

4.2 再生粗集料

4.2.1 再生粗集料技术要求应符合表 1 的规定。

表1 再生粗集料技术要求

项目	技术要求			试验方法
	I 级	II 级	III级	
表观密度/（kg/m³）	≥2 450	≥2 350	≥2 250	JTG 3432—2024 T0308
吸水率	≤5%	≤7%	≤9%	JTG 3432—2024 T0308
压碎值	≤30%	≤35%	≤40%	JTG 3432—2024 T0316
针片状颗粒含量	≤18%	≤20%	≤20%	JTG 3432—2024 T0312
再生混凝土颗粒含量	≥40%	≥35%	—	附录A
轻质杂物含量	≤0.3%	≤0.5%	≤1%	附录A

4.2.2 再生粗集料按性能要求可分为 I 级、II 级、III级，再生粗集料的应用范围见表 2。

表2 再生粗集料应用范围

再生粗集料	应用范围
I 级	高速、一级公路基层
II 级	高速、一级公路底基层，二级及以下公路基层
III级	二级及以下公路底基层

4.2.3 再生粗集料规格宜符合表 3 的规定。

表3 再生粗集料规格要求

工程粒径 mm	通过下列筛孔的质量百分率				
	37.5 mm	31.5 mm	19 mm	9.5 mm	4.75 mm
20~30	100%	90%~100%	0~10%	—	—
10~20	—	100%	90%~100%	0~10%	0~5%
5~10	—	—	100%	90%~100%	0~10%

4.3 再生细集料

4.3.1 再生细集料规格宜符合表 4 的规定。

表4 再生细集料规格要求

工程粒径 mm	通过下列筛孔的质量百分率				
	9.5mm	4.75 mm	2.36 mm	0.6 mm	0.075 mm
0~5	100%	90%~100%	—	—	0~20%

4.3.2 再生细集料技术要求应符合表 5 的规定。

表5 再生细集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
砂当量	≥50%	JTG 3432—2024 T0334
微粉含量	≤15%	JTG 3432—2024 T0333
有机物含量	<2%	JTG 3432—2024 T0336
含泥量	≤3%	JTG 3432—2024 T0335

5 配合比设计

5.1 配合比设计流程

配合比设计流程见图1。

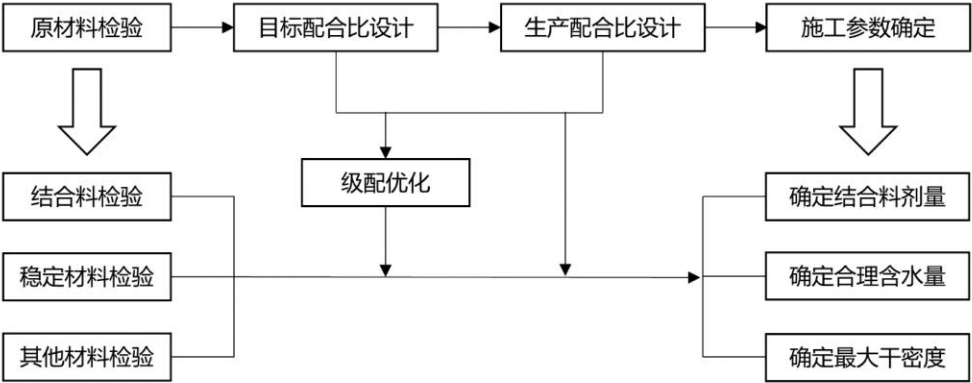


图1 配合比设计流程

5.2 再生级配集料

再生级配集料的级配应符合表6规定。

表6 再生级配集料的级配要求

筛孔尺寸 mm	通过质量百分率	
	底基层	基层
37.5	100%	—
31.5	—	100%
26.5	—	90%~100%
19	—	72%~89%
9.5	—	47%~67%
4.75	50%~100%	29%~49%
2.36	—	17%~35%
0.6	17%~100%	8%~22%
0.075	0~30%	0~7%

5.3 水泥稳定再生集料

- 5.3.1 试配时底基层、基层的水泥剂量宜为 3%~6%。
- 5.3.2 应采用 7 d 龄期无侧限抗压强度作为水泥稳定再生集料施工质量控制的主要指标。
- 5.3.3 高速公路和一级公路应验证所用材料的 7 d 龄期无侧限抗压强度与 90 d 或 180 d 龄期弯拉强度的关系。
- 5.3.4 强度达不到要求时宜优先调整级配，后调整水泥剂量。
- 5.3.5 强度试验时应按现场压实度标准采用静压法成型试件，最大干密度及最佳含水率取重型击实试验所得结果。
- 5.3.6 试件的制备、养护和强度测定应满足 JTG 3441—2024 的有关要求。
- 5.3.7 水泥稳定再生集料的 7 d 无侧限抗压强度应符合表 7 的规定。

表7 水泥稳定再生集料的 7 d 无侧限抗压强度技术要求

结构部位	极重、特重交通		重、中交通		轻交通	
	压实度	抗压强度 MPa	压实度	抗压强度 MPa	压实度	抗压强度 MPa
底基层	≥97%	>3.0	≥97%	>2.5	≥96%	>2.0
基层	≥98%	4.0~5.0	≥98%	3.5~4.5	≥97%	≥3.0

6 施工

6.1 一般规定

水泥稳定再生集料路面基层正式施工前应铺筑试验段。施工前应对下承层表面的浮土进行铲除，并洒水湿润，用钢轮压路机进行碾压。

6.2 拌合

- 6.2.1 拌和前宜采用喷洒设备对建筑垃圾再生集料洒水闷料 6 h~12 h。
- 6.2.2 水泥稳定再生集料含水率可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%。
- 6.2.3 水泥稳定再生集料的生产应采用集中厂拌，宜采用振动搅拌或 2 次拌和工艺，拌和时间不应少于 15 s。
- 6.2.4 拌和后应取混合料试样抽查级配和水泥剂量，随时检查配合比、含水率的变化。

6.3 摊铺

- 6.3.1 摊铺前应先将下承层清理干净并洒水湿润。
- 6.3.2 摊铺机前混合料运输车不宜少于 5 台，摊铺机开始连续摊铺，摊铺机螺旋布料器应有 2/3 埋入混合料中，摊铺速度宜为 1.5 m/min~2.5 m/min。
- 6.3.3 开工前应铺设不小于 150 m 的试验段，确定施工工艺和质量控制要求。

6.4 碾压

- 6.4.1 摊铺完成后应使用压路机在全幅范围内进行碾压，碾压段落层次分明，设置明显的分界标志。
- 6.4.2 压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽，压路机初压速度为 1.5 km/h~1.7 km/h，复压和终压速度为 1.8 km/h~2.2 km/h，碾压成型后的表面应平整、无轮迹。
- 6.4.3 水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层，应取初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间，宜在 2 h 内碾压成型。

6.5 养生

- 6.5.1 碾压完成后并经压实度检测合格后的水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层宜采用透水土工布覆盖、洒水保湿等方式进行养生；宜采用喷雾式喷头洒水，不应采用高压直冲式喷管。
- 6.5.2 水泥稳定建筑垃圾再生集料路面基层养生期不宜少于 7 d。
- 6.5.3 养生期间应封闭交通，除洒水车外其他车辆不应通行。

7 施工质量控制与验收

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工质量管理与验收应包括材料检验、铺筑试验段、施工过程检测、质量检查和交工验收等方面，并符合下列规定：
 - a) 按相关要求备料，严把进料质量关；
 - b) 按施工需求合理布置建设场地，选择适宜的拌和、摊铺和碾压机械；
 - c) 将试验段确定的施工参数作为施工过程中质量控制的标准；
 - d) 健全工地试验室能力，试验、检验数据真实、完整、可靠；
 - e) 各个工序完结后，需检查验收；合格后，方可进行下一个工序。
- 7.1.2 铺筑试验段流程应符合 JTG/T F20—2015 中 8.3 的规定。
- 7.1.3 严格执行安全操作规程，保证施工人员的职业健康和施工安全。
- 7.1.4 施工关键工序宜拍摄照片或录像，作为现场记录保存。
- 7.1.5 施工结束后，应清理现场，处理废弃物，恢复耕地或绿化，做到工完场清。

7.2 材料检验

- 7.2.1 在施工前以及在施工过程中，原材料或混合料发生变化时，应检验拟采用材料。

7.2.2 用作基层和底基层的再生粗集料应按表 8 所列项目进行检验。

表8 基层和底基层用再生粗集料试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频度	试验方法
1	表观密度	评定再生粗集料的质量	使用前测2个样品，使用过程中每2 000 m ³ 测2个样品	JTG 3432—2024 T0308
2	吸水率			JTG 3432—2024 T0308
3	压碎值			JTG 3432—2024 T0316
4	针片状颗粒含量			JTG 3432—2024 T0312
5	再生混凝土颗粒含量			附录A
6	轻质杂物含量			附录A

7.2.3 用作基层和底基层的再生细集料应按表 9 所列项目进行检验。

表9 基层和底基层用再生细集料试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频度	试验方法
1	砂当量	评定再生细集料的质量	使用前测2个样品，使用过程中每2 000 m ³ 测2个样品	JTG 3432—2024 T0334
2	微粉含量		使用前测2个样品，使用过程中每2 000 m ³ 测2个样品	JTG 3432—2024 T0333
3	有机物含量		有怀疑时做此试验	JTG 3432—2024 T0336
4	含泥量		使用前测2个样品，使用过程中每2 000 m ³ 测2个样品	JTG 3432—2024 T0335

7.2.4 用作基层和底基层的水泥应按照 JTG/T F20—2015 的有关要求进行评定。

7.3 施工质量控制

7.3.1 施工过程中的质量控制应包括外形尺寸检查及内在质量检验两部分，并应符合 JTG/T F20—2015 中 8.4 的规定。

7.3.2 再生集料水泥稳定材料应钻取芯样检验其整体性，并应符合下列规定：

- a) 芯样直径为 (150±2) mm，龄期为 7 d；
- b) 采用随机取样方式，不得在现场人为挑选位置，否则评价结果无效；
- c) 芯样顶面、四周均匀、致密；
- d) 芯样的高度不小于实际摊铺厚度的 90%；
- e) 取不出完整芯样时，找出实际路段相应的范围，返工处理。

7.3.3 设计强度大于 3 MPa 的水泥稳定再生集料材料的完整芯样应切割成标准试件检测强度，应符合下列规定：

- a) 标准试件的径高比为 1:1；
- b) 记录实际养生龄期；
- c) 根据实际施工情况确定试件强度的评价标准；
- d) 同一批次强度试验的变异系数不大于 15%；
- e) 样本量不少于 9 个。

7.3.4 施工过程检测其他要求应符合 JTG/T F20—2015 的有关规定。

7.4 检查验收

7.4.1 检查路面结构是否满足设计文件和 JTG F80/1 的要求。

7.4.2 检查内容包括工程竣工后的外形和质量。判定路面结构层质量是否合格时，以 1 km 长的路宽段为评定单位，采用大流水作业法施工时，也可以每天完成的段落为评定单位。检查施工原始记录，对上述检查内容进行初步评定。进行抽样检查，抽样应是随机的，不能带有任何倾向性。

7.4.3 压实度、厚度、水泥剂量检测样品、强度试件样品等的现场取样位置的确定应按随机方式进行取样。

7.4.4 采用两层连续摊铺施工工艺，取芯检验时，除对芯样完整性进行描述外，还应对层间的黏结效果进行描述。

附 录 A
(规范性)

再生粗骨料中再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量试验方法

A.1 仪器设备

- A.1.1 电子秤：最大称量75 kg，检定分度值5 g，最小称量50 g。
- A.1.2 方孔筛：孔径37.5 mm、31.5 mm、26.5 mm、19 mm、9.5 mm、4.75 mm的标准筛各一个。
- A.1.3 方盘：边长约250 mm，深50 mm～70 mm。
- A.1.4 胶皮手套。

A.2 取样数量

试样的最小取样数量应符合表A.1的规定。再生混凝土颗粒含量与轻质杂物含量可采用同一组试样进行试验。

表A.1 试验取样数量

骨料最大粒径 mm	9.5	19.0	26.5	31.5	37.5
最少取样数量 kg	20	40	60	60	60

A.3 试样处理

按照GB/T 14685规定的试样处理方法进行。

A.4 试验步骤与结果处理

- A.4.1 按照GB/T 14685规定的方法取样，将试样过4.75 mm方孔筛，取筛上部分进行试验，试样总质量记为 m_0 。
- A.4.2 试样缩分至不小于表A.2规定的数量，称重后用人工分选的方法选出混凝土、石以及其它轻质杂物（如玻璃、木块、塑料、纸屑、布片、石膏、泡沫等密度较小的物质）。然后称量再生混凝土颗粒总质量 m_1 以及各种轻质杂物总质量 m_2 。

表A.2 再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量所需试样数量

骨料最大粒径 mm	9.5	19	26.5	31.5	37.5
最少取样数量 kg	4.0	8.0	8.0	15.0	15.0

A.5 计算

- A.5.1 再生粗骨料中再生混凝土颗粒、轻质杂物含量应按公式（A.1）和公式（A.2）计算：

$$C_1 = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \cdots \cdots (A.1)$$

$$C_2 = \frac{m_2}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (A. 2)$$

- 式中：
- m_0 ——4.75 mm 以上部分试样总质量，单位为千克（kg）；
 - m_1 ——试样中再生混凝土颗粒总质量，单位为千克（kg）；
 - m_2 ——试样中轻质杂物总质量，单位为千克（kg）；
 - C_1 ——再生粗骨料中再生混凝土颗粒含量；
 - C_2 ——再生粗骨料中轻质杂物含量。

A. 5. 2 试验结果取两次平行试验的平均值，精确至0.1%。

参 考 文 献

- [1] JC/T 2281—2014 道路用建筑垃圾再生骨料无机混合料
 - [2] JTG/T 2321—2021 公路工程利用建筑垃圾技术规范
-