

DB3204

常 州 市 地 方 标 准

DB3204/TXXXX—XXXX

公路及城市道路工程利用拆建固废 再生填料技术规范

Technical specifications for utilization of demolition and construction solid waste
recycled filler in Highway and urban road engineering

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

常州市市场监督管理局 发布

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 材料	2
4.1 一般规定	2
4.2 A类再生集料	2
4.3 B类再生集料	3
4.4 C类再生集料	4
4.5 应用范围	4
5 路基	5
5.1 一般规定	5
5.2 路基填筑	5
5.3 抛石挤淤	7
5.4 台背回填	7
5.5 沟槽回填	7
5.6 垫层	7
5.7 施工便道填筑	7
5.8 质量检查与验收	8
6 水泥稳定再生集料路面基层	8
6.1 一般规定	9
6.2 水泥稳定再生集料路面基层设计	10
6.3 施工	11
6.4 质量检查与验收	12
7 再生级配集料路面基层	15
7.1 一般规定	15
7.2 再生级配集料路面基层设计	15
7.3 施工	16
7.4 质量检查与验收	17
附录 A（规范性）再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量试验方法	19

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。

本文件由常州市城市管理局提出并归口。

本文件起草单位：江苏绿和环境科技有限公司、常州市武进区交通运输局、常州市武进区公路事业发展中心、常州交通建设管理有限公司、华设设计集团股份有限公司、常州市市政工程设计研究院有限公司、华设检测科技有限公司、江苏苏科建设项目管理有限公司、中交第二航务工程局有限公司、常州大学。

本文件主要起草人：金阳、熊磊、华玲、汪立、秦晓勇、焦振寿、吕国良、毛鹃、龚俞、顾江鸣、郦辉忠、卢磊、姚博涛、王颖成、李鹏飞、谢强、刘杰、刘德友、朱平华、刘惠、沈锦、江波。

公路及城市道路工程利用拆建固废再生填料技术规范

1 范围

本文件规定了公路及城市道路工程利用拆建固废再生填料技术规范的术语和定义、材料以及在路基、水泥稳定再生集料路面基层、再生级配集料路面基层的应用技术要求。

本文件适用于各等级公路以及城市道路工程。

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 14685-2022 建设用卵石、碎石
- GB 50268-2008 给水排水管道工程施工及验收规范
- CJJ 1-2008 城镇道路工程施工与质量验收规范
- CJJ 169-2012 城镇道路路面设计规范
- CJJ 194-2013 城市道路路基设计规范
- JC/T 2281-2014 道路用建筑垃圾再生骨料无机混合料
- JTG/T 2321-2021 公路工程利用建筑垃圾技术规范
- JTG 3430-2020 公路土工试验规程
- 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 3450-2019 公路路基路面现场测试规程
- JTG/T 3610-2019 公路路基施工技术规范
- JTG D30-2015 公路路基设计规范
- JTG D40-2011 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50-2017 公路沥青路面设计规范
- JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T F20-2015 公路路面基层施工技术细则

3 术语和定义

JTG/T 2321界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

拆建固废 demolition and construction solid waste

拆除、新建等建筑业生产活动中产生的混凝土块、砂浆块、砖块、石子等固体废弃物。

3.2

再生填料 recycled filler

拆迁固废经过分拣、破碎、筛分等工艺处理后满足一定技术要求，可用于公路以及城市道路工程的填筑材料。按照技术要求的不同可分为A类、B类和C类。

3.3

再生粗集料 recycled coarse aggregate

粒径大于或等于 4.75mm 的再生集料。

3.4

再生细集料 recycled fine aggregate

粒径小于 4.75mm 的再生集料。

3.5

再生级配集料 recycled graded aggregate

由不同颗粒级配的再生集料按比例复配，形成的符合规定级配要求的再生集料混合料。

3.6

水泥稳定再生集料 cement stabilized recycled graded aggregates

以水泥为结合料，全部采用或掺配一定比例的级配再生料与适量水，经拌合形成的混合料。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 拆迁固废应通过筛选、风选、磁选等分选工艺，去除杂质，并根据应用场景不同选择破碎、筛分等加工工艺，确保生产的再生填料符合相应的技术要求。

4.1.2 拆迁固废再生填料应按规格、类别进行分类堆放，并设置标识牌，且在使用前应进行抽样检测，合格后方可用于公路或城市道路填筑。

4.1.3 拆迁固废再生填料可应用于各等级公路、城市道路基层、底基层、路基填筑。

4.1.4 拆迁固废再生填料分为 A 类、B 类、C 类三个技术类别。

4.2 A 类再生集料

4.2.1 A 类再生粗集料技术要求应符合表 1 的规定。

表 1 A 类再生粗集料技术要求

项次	检验项目	规定值或允许值			试验方法
		I 级	II 级	III 级	
1	压碎值 (%)	≤30	≤35	≤40	JTG 3432-2024(T 0316-2024)
2	针片状含量 (%)	≤18	≤20	≤20	JTG 3432-2024(T 0311-2005)
3	0.075mm 以下粉尘含量 (%)	≤1.2	≤2.0	≤5.0	JTG 3432-2024(T 0310-2005)
4	混凝土颗粒含量 (%)	≥90	≥50	—	附录A
5	轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5	≤1.0	

4.2.2 用于公路工程的 A 类再生粗集料颗粒组成应符合表 2 的规定。

表 2 A 类再生粗集料颗粒组成

规格名称	工程粒径 (mm)	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)								公称粒径 (mm)
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
ZG1	20~30	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—	19~31.5
ZG2	20~25	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	—	19~26.5
ZG3	15~30	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	—	13.2~31.5
ZG4	10~25	—	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	9.5~26.5
ZG5	10~20	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	9.5~19
ZG6	5~15	—	—	—	100	90~100	40~70	0~10	0~5	9.5~13.2
ZG7	5~10	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

4.2.3 用于城市道路基层的 A 类再生粗集料最大粒径不应超过 31.5mm, 用于底基层时最大粒径不应超过 37.5mm。

4.2.4 A 类再生细集料技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 A 类再生细集料技术要求

项次	检验项目	规定值或允许值			试验方法
		I 级	II 级	III 级	
1	0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17			JTG 3430-2020 (T 0118-1993)
2	砂当量 (%)	≥40			JTG 3432-2024 (T 0334-2005)
3	有机质含量 (%)	<2.0			JTG 3432-2024 (T 0336-2005)
4	硫酸盐含量 (%)	≤0.25			JTG 3432-2024 (T 0341-2024)
5	泥块含量 (%)	≤2.0	≤3.0	≤4.0	JTG 3432-2024 (T 0335-1994)

4.2.5 用于公路工程的 A 类再生细集料颗粒组成应符合表 4 的规定。

表 4 A 类再生细集料颗粒组成

规格名称	工程粒径 (mm)	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)					公称粒径 (mm)
		9.5	4.75	2.36	0.6	0.075	
ZXG1	0~5	100	90~100	—	—	0~20	0~4.75

4.3 B 类再生集料

B 类再生集料技术要求应符合表 5 的规定。

表5 B类再生集料技术要求

项次	检验项目	规定值或允许值		试验方法
		I级	II级	
1	最大粒径(mm)	沟槽回填、垫层 ≤ 37.5 ; 路床 ≤ 100 ; 路堤 ≤ 150	≤ 200	JTG 3430-2020(T 0115-1993)
2	不均匀系数	≥ 5	≥ 5	JTG 3430-2020(T 0115-1993)
3	杂质含量(%)	≤ 1.0	≤ 1.0	附录A
4	界限含水率 ^①	液限 ≤ 50 %, 塑性指数 ≤ 26	—	JTG 3430-2020(T 0118-1993)
5	有机质含量(%) ^②	≤ 3.0	—	JTG 3430-2020(T 0151-1993)
6	易溶盐含量(%) ^②	≤ 0.5	—	JTG 3430-2020(T 0153-1993)

注：①界限含水率指粒径小于0.5mm细粒料的液限、塑限、塑性指数；
②采用再生集料粒径小于4.75mm的细粒料进行有机质含量和易溶盐含量试验，试验过程中，先将小于4.75mm的细料研磨至标准中要求的粒径（有机质含量测试时粒径小于100目，易溶盐含量测试时粒径小于1mm），分别进行有机质含量与易溶盐含量测试；测试结果为再生填料中粒径小于4.75mm的细料中的有机质含量与易溶盐含量。

4.4 C类再生集料

C类再生集料技术要求应符合表6的规定。

表6 C类再生集料技术要求

项次	检验项目	规定值或允许值	试验方法
1	粒径要求	300mm 粒径以上的块料含量不宜小于80%，最大粒径应根据淤泥层厚度并结合工程经验确定。	挑拣测量
2	轻质杂物含量(%)	≤ 1.0	附录A

4.5 应用范围

拆建固废再生集料应用范围应符合表7的规定。

表7 各类再生集料应用范围

应用范围		A类			B类		C类
		I级	II级	III级	I级	II级	
路基	各等级公路、道路路基填筑	✓	✓	✓	✓		
	抛石挤淤						✓
	台背回填	✓	✓	✓			
	沟槽回填	✓	✓	✓	✓		
	垫层	✓	✓	✓	✓		
	施工便道路基	✓	✓	✓	✓	✓	

表 7 各类再生集料应用范围（续）

应用范围		A类			B类		C类
		I级	II级	III级	I级	II级	
水泥稳定再生集料路面基层	高速公路、一级公路及快速路、主干路	✓					
	二级及二级以下公路、次干路及以下道路	✓	✓				
	园区道路（重交通）	✓	✓				
	小区道路、园区道路（中、轻交通）	✓	✓	✓			
水泥稳定再生集料路面底基层	高速公路、一级公路及快速路、主干路	✓	✓				
	二级及二级以下公路、次干路及以下道路	✓	✓	✓			
	小区道路、园区道路（重、中、轻交通）	✓	✓	✓			
再生级配集料路面基层	二级及二级以下公路、次干路	✓					
	次干路以下道路	✓	✓				
	小区道路、园区道路（中、轻交通）	✓	✓				
再生级配集料路面底基层	快速路、主干路	✓					
	二级及二级以下公路、次干路	✓	✓				
	次干路以下道路	✓	✓	✓			
	小区道路、园区道路（中、轻交通）	✓	✓	✓			

5 路基

5.1 一般规定

5.1.1 再生填料公路路基设计与施工应符合现行 JTG D30 和 JTG/T 3610 的相关要求。

5.1.2 再生填料城市道路路基设计与施工应符合现行 CJJ 194 和 CJJ 1 的相关要求。

5.1.3 用于路基填筑再生集料应符合本规范第 4 章中的相关规定。

5.1.4 施工前，应铺筑试验段，总结施工工艺及压实工艺主要参数，应采用试验路段确定的工艺流程、工艺参数控制后续施工。

5.2 路基填筑

5.2.1 路基设计

5.2.1.1 拆建固废再生填料用于路堤、路床填筑时，填料最小承载比(CBR)应符合表 8 的规定。

5.2.1.2 再生填料公路路基回弹模量设计值应符合现行 JTG D50 和 JTG D40 的有关规定。

5.2.1.3 再生填料城市道路路基回弹模量设计值应符合现行 CJJ 194 的有关规定。

表8 路基填筑再生料最小承载比要求

路基部位	路面底面以下深度 (m)	填料最小承载比 (CBR) (%)			
		高速公路、一级公路、快速路、主干路	二级及二级以下公路、次干路及以下道路	园区道路 (重交通)	小区道路、园区道路 (中、轻交通)
上路床	0~0.3	8	6	6	5
下路床	0.3~0.8	5	4	4	3
上路堤	0.8~1.5	4	3	3	3
下路堤	1.5以下	3	2	2	2

5.2.2 施工准备

5.2.2.1 施工前，应清除原地面表层植被，挖除树根及杂草。原地面的低洼和坑洞，应进行填补及压实，压实度应满足设计要求。

5.2.2.2 施工前，再生填料应进行洒水预湿处理。洒水前应测定再生填料的天然含水率，根据试验确定的最佳含水率并扣除再生填料天然含水率后计算所需补水量。

5.2.2.3 洒水应均匀，防止出现路基表面局部水分过多现象。应及时检测再生填料的含水率，以保证其处于最佳含水率-1.0%~+2.0%范围内。

5.2.3 运输

5.2.3.1 再生填料运输车辆应加盖篷布以保持水分并防止抛撒、扬尘。

5.2.3.2 再生填料装运过程中应避免离析。

5.2.4 布料及整平

5.2.4.1 每层填筑前应先划定网格，按照松铺厚度及路基宽度计算每个方格所需的再生填料数量和卸车数量。

5.2.4.2 再生填料卸料后采用推土机初平，初平后采用平地机按确定的松铺厚度进行精平，然后采用钢轮压路机进行稳压。

5.2.4.3 整平过程中，如发现超粒径再生填料，应清理出路基施工作业区域，并采用细料填充找平。

5.2.4.4 整平后应测定松铺厚度，不满足要求时应采用平地机继续整平，直至满足要求。

5.2.4.5 施工时如路基裸露时间长，气温过高，应适当补水。

5.2.5 碾压

5.2.5.1 路基碾压机械的配置应根据公路或城市道路等级、路幅宽度、进度要求等因素综合确定。

5.2.5.2 碾压按先边缘后中间、先轻后重、先慢后快、先静后动和轮迹重叠的原则。压实时横向重叠0.4~0.5m，纵向重叠2.0~5.0m。

5.2.5.3 初压工序应紧跟整平机械，复压应先弱振再强振，终压结束后，路基表面应无明显轮迹。

5.2.6 压实质量控制

应采用重型击实或表面振动压实仪法确定再生集料的最佳含水率和最大干密度。路基施工过程中压实质量控制应符合表9的规定。

表9 再生填料路基压实质量控制要求

检查项目	规定值或允许值				检查方法和频率
	高速公路、一级公路及城市快速路、主干路	二级及二级以下公路、次干路及以下道路	园区道路 (重交通)	小区道路、园区道路 (中、轻交通)	
压实度 (%)	路床≥96; 上路堤≥94	路床≥95; 上路堤≥94	路床≥95; 上路堤≥94	路床≥92; 上路堤≥91	灌砂法或灌水法：每1000m ² 至少测2点

5.3 抛石挤淤

5.3.1 抛石挤淤适用于淤泥厚度小于 3m 的软弱地基处理。

5.3.2 当软土地层平坦，横坡缓于 1:10 时，应沿路线中线向前呈等腰三角形抛填，渐次向两侧对称抛填至全宽，将淤泥挤向两侧。

5.3.3 当软土地层具有明显横向坡度，横坡陡于 1:10 时，应自高侧向低侧渐次抛填，并在低侧边部多抛投形成不小于 2m 宽的平台。

5.3.4 抛石露出水面或淤泥面后，应用较小石块填平、碾压密实，再铺设反滤层压实，反滤层用再生集料应符合 B 类 I 级的规定，最大粒径 $\leq 100\text{mm}$ 。

5.3.5 抛石挤淤质量验收应符合 JTG F80/1 及 CJJ 1 的相关规定。

5.4 台背回填

5.4.1 台背回填用再生集料应符合 A 类 III 级的规定，可采用水泥稳定，施工工艺参照 6.3 节相关要求。

5.4.2 台背回填用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求应符合表 10 的规定。

表 10 台背回填用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求

检查项目	压实度 (%)	7d 无侧限抗压强度 (MPa)
技术要求	≥ 96	≥ 1.5

5.4.3 水泥稳定再生集料台背回填应分层填筑，分层压实厚度宜不大于 150mm，台背地基处理、回填施工工艺应符合现行 JTG/T 3610、CJJ 1 的相关要求。

5.5 沟槽回填

5.5.1 管道基础及管道两侧回填用再生集料应符合 A 类 III 级细集料的规定；管顶以上 500mm 范围内回填用再生集料应符合 B 类 I 级的规定，最大粒径不大于 37.5mm。

5.5.2 刚性管道两侧和管顶以上 500mm 范围内胸腔夯实，应采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm；柔性管道从管底基础部位开始到管顶以上 500mm 范围内，必须采用人工回填，每层回填高度应不大于 200mm。

5.5.3 沟槽回填施工工艺、质量验收应符合现行 GB 50268 的相关规定。

5.6 垫层

5.6.1 垫层用再生集料应符合 B 类 I 级的规定，最大粒径不应超过 37.5mm。

5.6.2 再生集料用作排水垫层时，小于 0.075mm 的颗粒含量不宜大于 5%。

5.6.3 垫层厚度不应小于 100mm。

5.6.4 再生集料垫层应采用机械碾压密实或小型机具夯实。

5.7 施工便道填筑

5.7.1 路基设计

5.7.1.1 施工便道路基填筑用再生集料应符合 B 类 II 级的规定。

5.7.1.2 再生填料用于施工便道路基填筑时，填料最小承载比 (CBR) 应符合表 8 二级及二级以下公路填料承载比要求。

5.7.1.3 路基顶面回弹模量值不低于 20MPa。

5.7.2 施工前，应清除原地面表层植被，对原地面的低洼和坑洞，应进行填补、碾压密实，在一般土质地段，压实度不应小于 85%。

5.7.3 施工便道路基应分层填筑，分层压实厚度宜不大于 300mm。

5.7.4 再生集料施工便道路路基填筑施工工艺参照 5.2 节相关要求。

5.7.5 压实质量控制

施工便道路路基压实质量控制应符合表11的规定。

表 11 施工便道路路基压实质量控制要求

填挖类别	路面底面以下深度 (m)	压实度 (%)	检查方法和频率
填方	0~0.8	≥92	压实度采用灌砂法或灌水法，每1000m ² 至少测2点，不足1000m ² 检验2点，必要时可根据需要增加检测点。
	0.8~1.5	≥91	
	>1.5	≥90	
挖方	0~0.3	≥92	
	0.3~0.8	≥91	

5.7.6 施工便道路基质量验收参照现行 JTG F80/1 中的二级以下公路、或 CJJ 1 中支路的相关规定。

5.8 质量检查与验收

再生填料路基施工质量检查项目及频率要求应符合表 12 的规定。公路路基应按现行 JTG F80/1 的要求进行质量检验评定，城市道路路基应按现行 CJJ 1 的要求进行质量检验评定。

表 12 再生填料路基施工质量检查项目及频率要求

项目类型	检查项目	规定值或允许偏差			检查方法和频率
		高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	城市道路、小区道路、园区道路	
主控项目	压实度 (%)	不小于设计值			灌砂法或灌水法：公路工程每200米每压实层测4处；城市道路工程每层每1000m ² 至少检验3点，不足1000m ² 时检验3点
	弯沉 (0.01mm)	不小于设计值			贝克曼梁：每车道、每20m测1点；或采用落锤式弯沉仪(FWD)：每车道、每40m测1点
一般项目	外观	表面平整密实，不得有明显的轮迹、沉降等缺陷，且无明显的骨料离析现象			目测：全数检查
	纵断高程 (mm)	+10, -15	+10, -20	+10, -20	水准仪：每20m测2点
	中心偏位 (mm)	≤50	≤100	≤30	经纬仪和钢尺量取最大值：每100m测2点
	宽度 (mm)	不小于设计值			米尺：每40m测1处

表12 再生填料路基施工质量检查项目及频率要求（续）

项目类型	检查项目	规定值或允许偏差			检查方法和频率		
		高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	城市道路、小区道路、园区道路			
一般项目	横坡(%)	±0.3且不反坡	±0.5且不反坡	±0.3且不反坡	水准仪	路宽<9m	每20m测2点
						路宽9m~15m	每20m测4点
						路宽<15m	每20m测6点
	边坡	不陡于设计坡度			坡度尺，每20m抽查2点，每侧1点		
平整度(mm)	≤20	≤30	≤20	用3m直尺和塞尺连续量两尺取较大值	路宽<9m	每20m测1点	
					路宽9m~15m	每20m测2点	
					路宽<15m	每20m测3点	

注：表12、表22、表29中的主控项目等同公路标准JTG F80/1中的关键项目。

6 水泥稳定再生集料路面基层

6.1 一般规定

- 6.1.1 公路路面基层水泥稳定再生集料的设计和施工应符合现行 JTG/T F20、JTG D40、JTG D50、JTG/T 2321 的相关规定。
- 6.1.2 城市道路路面基层水泥稳定再生集料的设计和施工应符合现行 JC/T 2281、CJJ 169、CJJ 1 的相关规定。
- 6.1.3 应根据公路或城市道路等级、交通荷载等级、结构形式、材料类型等因素确定材料技术要求。
- 6.1.4 用于路面基层的再生材料应符合 A 类再生材料的技术要求。
- 6.1.5 公路及城市道路基层用水泥稳定再生集料掺配率应符合表 13 的规定。当采用超过该表的掺配率时，应通过试验加以验证。

表 13 水泥稳定再生集料掺配率

结构层	公路/道路等级	掺配率(%)
基层	高速公路、一级公路、快速路	≤50
	二级及二级以下公路、主干路	≤70
	次干路及以下道路	≤100
	小区道路、园区道路(重、中、轻交通)	≤100
底基层	高速公路、一级公路	≤80
	二级及二级以下公路	≤90
	各等级城市道路	≤100
	小区道路、园区道路(重、中、轻交通)	≤100

- 6.1.6 再生集料掺配时，宜在工程粒径 5~10mm、10~20mm 两档中优先掺配再生集料。

6.1.7 公路工程再生集料分档应符合表 14 的规定。

表 14 公路工程再生集料的分档要求

基层	≥ 4	$\geq 3^a$
底基层	$\geq 3^a$	

注：^a对一般工程可选择不少于3档备料，对极重、特重交通荷载等级且强度要求较高时，为了保证级配的稳定，宜选择不少于4档备料。

6.2 水泥稳定再生集料路面基层设计

6.2.1 再生集料级配要求

6.2.1.1 公路基层用水泥稳定再生集料的级配应符合表 15 的规定。

表 15 公路基层用水泥稳定再生集料的级配

结构层	公路等级	通过以下筛孔百分率 (%)						
		31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
基层、底基层	高速公路、一级公路	100	56~70	35~46	28~36	15~25	8~16	3~6
基层、底基层	二级公路及以下公路	100	65~80	45~60	30~50	19~36	8~19	2~7

6.2.1.2 城市道路基层用水泥稳定再生集料的级配应符合表 16 的规定。

表 16 城市道路基层用水泥稳定再生集料的级配

结构层	城市道路等级	通过以下筛孔百分率 (%)								
		37.5	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
基层	各等级城市道路	-	100	90~100	72~89	47~67	29~49	17~35	8~22	0~7
底基层	市道路	100	-	-	-	-	50~100	-	17~100	0~30

6.2.1.3 小区道路、园区道路基层用水泥稳定再生集料的级配参照城市道路工程。

6.2.2 技术要求

6.2.2.1 公路基层用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求应符合表 17 的规定。

表 17 公路基层用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求

结构层	公路等级	压实度 (%)	7d 无侧限抗压强度 R_d (MPa)
基层	高速公路、一级公路	≥ 98	4.0~6.0
	二级及二级以下公路	≥ 97	3.0~5.0
底基层	高速公路、一级公路	≥ 97	2.5~4.5
	二级及二级以下公路	≥ 96	2.0~4.0

6.2.2.2 城市道路基层用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求应符合表 18 的规定。

表 18 城市道路基层用水泥稳定再生集料的压实度和 7d 无侧限抗压强度要求

结构层	城市道路等级	压实度 (%)	7d无侧限抗压强度 R_d (MPa)
基层	快速路	≥ 98	3.5~4.5
	主干路	≥ 98	3.0~4.0
	次干路及以下等级道路	≥ 97	2.5~3.5
	园区道路(重交通)	≥ 97	≥ 2.5
	小区道路、园区道路(中、轻交通)	≥ 97	≥ 2.0
底基层	快速路	≥ 97	≥ 2.5
	主干路	≥ 97	≥ 2.0
	次干路及以下等级道路	≥ 96	≥ 1.5
	园区道路(重交通)	≥ 96	≥ 1.5
	小区道路、园区道路(中、轻交通)	≥ 96	≥ 1.0

6.2.3 水泥稳定再生集料的组成设计

6.2.3.1 应采用重型击实方法确定水泥稳定再生集料的最佳含水率和最大干密度。

6.2.3.2 水泥稳定再生集料的水泥剂量宜为 3%~6%。

6.2.3.3 试件成型、养护和抗压强度测定应按 JTG 3441 执行。

6.2.3.4 强度试验时,平行试验的最少试件数量应符合表 19 的规定。试验结果的变异系数大于表 19 中规定值,应重做试验或增加试件数量。

表 19 最少试件数量

变异系数 (%)	10~15	15~20
试件个数	9	13

6.2.3.5 设计抗压强度值应根据式 (1) 计算。

$$R_d = \bar{R} \cdot (1 - Z_\alpha C_v) \quad (1)$$

式中:

R_d —设计抗压强度 (MPa);

C_v —试验结果的变异系数(%);

Z_α —标准正态分布表中随保证率(置信度 α)而改变的系数,高速公路和一级公路、城市快速路和主干路应取保证率95%,即 $Z_\alpha=1.645$;其他等级公路或城市道路应取保证率90%,即 $Z_\alpha=1.282$ 。

6.3 施工

6.3.1 路面基层水泥稳定再生集料正式施工前应铺筑试验段,具体要求公路应符合现行 JTG/T F20、JTG/T 2321 的相关规定,城市道路应符合现行 CJJ 1 的相关规定。

6.3.2 拌和

6.3.2.1 拌和前宜采用喷洒设备对拆建固废再生集料洒水闷料 6~12h。

6.3.2.2 水泥稳定再生集料含水率应结合天气和运距等因素，可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%。

6.3.2.3 水泥稳定再生集料的生产应采用集中厂拌，拌和能力应与混合料摊铺能力相匹配，拌和时间应不少于 15s。

6.3.2.4 拌和后应按规定取混合料试样，抽查级配和水泥剂量，随时检查配合比、含水率的变化。

6.3.2.5 拌和厂应提交产品合格证及水泥用量、集料级配、混合料配合比、7d 无侧限抗压强度标准值等技术指标。

6.3.3 运输

6.3.3.1 运输车辆宜采用 25t 以上的大型自卸车集中运输，运输车辆装料前应清洗干净车厢。

6.3.3.2 在水泥稳定再生集料运输过程中，应采用帆布严密覆盖，防止水分蒸发。

6.3.4 摊铺

6.3.4.1 摊铺前应先将下承层清理干净并适当洒水湿润；

6.3.4.2 摊铺前应检查摊铺机各部分运转情况，调整好传感器臂与导向控制线的关系严格控制基层厚度和高程，保证路拱横坡度满足设计要求；

6.3.4.3 摊铺机前混合料运输车宜不少于 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 1.5~2.5m/min；

6.3.4.4 施工前应通过试验确定松铺系数，推荐值为 1.20~1.30；

6.3.4.5 水泥稳定再生集料摊铺碾压成型后的每层厚度宜为 160mm~200mm；

6.3.4.6 摊铺中若发生粗细集料离析现象，应及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位，并用新拌混合料填补。

6.3.5 碾压

6.3.5.1 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。

6.3.5.2 压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽，压路机初压速度为 1.5~1.7km/h，复压和终压速度为 1.8~2.2km/h，碾压成型后的表面应平整、无轮迹。

6.3.5.3 路面基层水泥稳定再生集料，宜在加水拌合 2h 内碾压成型，应按当班施工长度计算混合料用量。

6.3.6 养生

6.3.6.1 碾压完成并经压实度检测合格后的路面基层水泥稳定再生集料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，严禁采用高压直冲式喷管。

6.3.6.2 路面基层水泥稳定再生集料养生期宜不少于 7d，养生完成后钻取完整芯样且无侧限抗压强度、弯沉等项目检测合格后，方可进行下一道工序。

6.3.6.3 养生期间应封闭交通，严禁洒水车以外的其他车辆通行。

6.3.7 雨季施工时，不得使混合料淋雨。降雨时，应停止施工，对已摊铺的水泥稳定再生集料应尽快碾压成型并及时覆盖。

6.4 质量检查与验收

6.4.1 质量检查与验收应包括原材料检验、水泥稳定再生集料检验以及施工质量验收。

6.4.2 原材料检验

再生集料的检测项目及频率应满足表 20 的要求，质量应符合本规范要求，天然集料、水泥应按现行 JTG/T F20、CJJ 1 的规定执行。

表 20 再生集料质量检测项目及频率要求

检查项目		检查频率	试验方法
再生粗集料	含水率	每天拌和前测2个样品	JTG 3432-2024 (T 0305-1994)
	颗粒级配	按种类、规格日产量在2000t及2000t以下，每600t为一批，不足600t亦为一批；日产量超过2000t，每1000t为一批，不足1000t亦为一批。	JTG 3432-2024 (T 0302-2024)
	轻质杂物含量		附录A
	针片状含量		JTG 3432-2024 (T 0312-2005)
	压碎值		JTG 3432-2024 (T 0316-2024)
	再生混凝土颗粒含量		附录A
再生细集料	含水率		每天拌和前测2个样品。
再生细集料	颗粒级配	按种类、规格日产量每600t为一批，不足600t亦为一批。	JTG 3432-2024 (T 0327-2005)
	0.075mm以下材料塑性指数		JTG 3430-2020 (T0118-2007)
	砂当量		JTG 3432-2024 (T 0334-2005)
	泥块含量		JTG 3432-2024 (T 0335-1994)

6.4.3 水泥稳定再生集料检验

水泥稳定再生集料的检测项目及频率应满足表 21 的要求。

表 21 水泥稳定再生集料质量检测项目及频率要求

检查项目	规定值或允许偏差	检查频率	试验方法
水泥剂量	设计水泥剂量的0%~0.5%	每2000m ² 检查1次；至少6个样品	JTG 3441-2024 (T 0809-2009)
含水率	控制在最佳含水率0%~1.5%范围内	每作业段或不超过2000m ² 检查1次；异常时，随时检测	JTG 3441-2024 (T0801-2009)
混合料级配	符合6.2节相关要求	每作业段或不超过2000m ² 检查1次；异常时，随时检测	JTG 3432-2024 (T 0302-2024)
拌合均匀性	无离析现象	随时检查	目测

6.4.4 施工质量验收

公路路面基层水泥稳定再生集料施工质量检查项目应满足表 22 的要求，并按照现行 JTG F80/1 的相关规定进行质量检验评定。

城市道路、小区道路、园区道路路面基层水泥稳定再生集料施工质量检查项目应满足表 23 的要求，城市道路按照现行的 CJJ 1 的相关规定进行质量检验评定，小区道路、园区道路按照本规范的相关规定进行质量检验评定。

表 22 公路路面基层水泥稳定再生集料施工质量检查项目及频率要求

项目类型	检查项目	规定值或允许偏差				检查方法和频率
		基层		底基层		
		高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	高速公路、一级公路	二级及二级以下公路	
主控项目	压实度 (%)	不小于设计值		不小于设计值		灌砂法：每200m测2点
	弯沉 (0.01mm)	不小于设计值		不小于设计值		贝克曼梁：每车道每20m测1点；或采用落锤式弯沉仪 (FWD)：每车道每40m测1点
	7d无侧限抗压强度 (MPa)	不小于设计值		不小于设计值		每2000m ² 抽检1组
	厚度 (mm)	代表值	-8	-10	-10	-12
合格值		-10	-20	-25	-30	
一般项目	纵断高程 (mm)	+5, -10	+5, -15	+5, -15	+5, -20	水准仪：每200m测2个断面
	宽度 (mm)	不小于设计值		不小于设计值		米尺：每40m测1处
	横坡 (%)	±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪：每200m测2个断面
	平整度 (mm)	≤8	≤12	≤12	≤15	3m直尺：每200m测2处×5尺

表 23 城市道路路面基层水泥稳定再生集料施工质量检查项目及频率要求

项目类型	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率		
		基层	底基层			
主控项目	压实度 (%)	不小于设计值	不小于设计值	灌砂法：每压实层每1000m ² 抽查1点		
	弯沉 (0.01mm)	不小于设计值	不小于设计值	贝克曼梁：每车道每20m测1点；或采用落锤式弯沉仪 (FWD)：每车道每40m测1点		
	7d无侧限抗压强度 (MPa)	不小于设计值	不小于设计值	每2000m ² 抽检1组		
	厚度 (mm)	±10	±10	钢尺量：每1000m ² 检测1点		
一般项目	纵断高程 (mm)	±15	±20	水准仪：每20m测1个断面		
	中线偏位 (mm)	≤20	≤20	用经纬仪测量：每100m测1点		
	宽度 (mm)	不小于设计值	不小于设计值	米尺：每40m测1处		
	横坡 (%)	±0.3	±0.3	水准仪	路宽<9m	每20m测2点
					路宽9m~15m	每20m测4点
					路宽<15m	每20m测6点
平整度 (mm)	≤10	≤15	用3m直尺和塞尺	路宽<9m	每20m测1点	
				路宽9m~15m	每20m测2点	
				路宽<15m	每20m测3点	

7 再生级配集料路面基层

7.1 一般规定

7.1.1 再生级配集料可用于中、轻交通荷载等级公路、城市道路的底基层及轻交通荷载等级公路、道路的基层。

7.1.2 公路路面基层再生级配集料的设计和施工应符合现行 JTG/T F20、JTG D40、JTG D50 的相关规定。

7.1.3 城市道路路面基层再生级配集料的设计和施工应符合现行 CJJ 169、CJJ 1 的相关规定。

7.2 再生级配集料路面基层设计

7.2.1 再生级配集料的级配要求

7.2.1.1 二级及二级以下公路基层、底基层用再生级配集料的级配应符合表 24 中 I 或 II 的规定。

表 24 二级及二级以下公路基层、底基层用再生级配集料的级配要求

结构层		公路等级	通过以下筛孔百分率 (%)											
			37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
基层、底基层	I	二级及二级以下公路	100	90~100	80~93	64~81	57~75	50~69	40~60	25~45	16~31	11~22	7~15	2~5
	II	二级及二级以下公路	-	100	90~100	70~86	62~79	54~72	42~62	25~45	16~31	11~22	7~15	2~5

7.2.1.2 城市道路基层、底基层用再生级配集料的级配应符合表 25 的规定。

表 25 城市道路基层、底基层用再生级配集料的级配要求

结构层	城市道路等级	通过以下筛孔百分率 (%)								
		53.0	37.5	31.5	19.0	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
基层	次干路及以下道路	-	100	90~100	73~88	49~69	29~54	17~37	8~20	0~7
底基层	城市快速路、主干路	-	100	83~100	54~84	29~59	17~45	11~35	6~21	0~10
底基层	次干路及以下道路	100	85~100	69~88	40~65	19~43	10~30	8~25	6~18	0~10

小区道路、园区道路基层、底基层用再生级配集料的级配参照次干路及以下道路。

7.2.2 再生级配集料 CBR 强度要求

用于不同道路等级的再生级配集料的 CBR 强度应符合表 26 的规定。

表 26 再生级配集料的 CBR 强度要求

结构层	公路/城市道路等级	承载比 (CBR) (%)
基层	二级及二级以下公路、次干路	120
	次干路以下道路	100
	小区道路、园区道路 (中、轻交通)	100
底基层	城市快速路、主干路	80
	二级及二级以下公路、次干路	60
	次干路以下道路	40
	小区道路、园区道路 (中、轻交通)	40

7.2.3 再生级配集料应采用重型击实试验方法, 确定最佳含水率和最大干密度。

7.2.4 公路再生级配集料压实度, 基层不得小于 98%, 底基层不应小于 96%; 城市道路、小区道路、园区道路再生级配集料压实度, 基层不得小于 97%, 底基层不应小于 96%。

7.3 施工

7.3.1 路面基层再生级配集料正式施工前应铺筑试验段, 具体要求公路应符合现行 JTG/T F20 的相关规定, 城市道路应符合现行 CJJ 1 的相关规定。

7.3.2 拌和

7.3.2.1 拌和前宜采用喷洒设备对再生集料洒水闷料 6~12h;

7.3.2.2 再生级配集料含水率应结合天气和运距等因素, 可比最佳含水率增加 0.5%~1.5%;

7.3.2.3 再生级配集料的生产应采用集中厂拌, 拌和能力应与摊铺能力相匹配;

7.3.2.4 拌和后应按规定取再生级配集料试样, 检查级配和含水率;

7.3.2.5 拌和厂应提交产品合格证、集料级配、再生级配集料配合比等技术指标。

7.3.3 再生级配集料运输过程中, 应采用帆布严密覆盖, 防止水分蒸发。

7.3.4 摊铺

7.3.4.1 摊铺前应将下承层清理干净并适当洒水湿润;

7.3.4.2 施工前应通过试验确定松铺系数, 人工摊铺宜为 1.40~1.50, 机械摊铺宜为 1.25~1.35;

7.3.4.3 再生级配集料摊铺碾压成型后的每层厚度宜为 160mm~200mm;

7.3.4.4 摊铺中若发生粗细集料离析现象, 应及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位, 并用新拌级配再生集料填补。

7.3.4.5 摊铺再生级配集料每层应按虚厚一次铺齐, 不得多次找补。

7.3.5 碾压

7.3.5.1 再生级配集料结构层施工时, 应在其处于含水率允许偏差范围内进行碾压;

7.3.5.2 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。

7.3.5.3 碾压成型后的表面应平整、无轮迹, 对于建筑物、构筑物周围或不适宜使用大型机具时, 宜采用小型压实机具, 因地制宜地进行碾压;

7.3.5.4 在雨期施工时, 不应使再生级配集料受雨淋湿; 降雨时应停止施工, 已经摊铺的再生级配集料应碾压密实。

7.4 质量检查与验收

7.4.1 质量检查与验收应包括原材料检验、再生级配集料检验以及施工质量验收。

7.4.2 原材料检验

再生集料的检测项目及频率应满足表 27 的规定，质量应符合本规范要求。

表 27 再生集料质量检测项目及频率要求

检查项目		检查频率
再生粗集料	含水率	每天拌和前测2个样品。
	颗粒级配	按种类、规格日产量在2000t及2000t以下，每600t为一批，不足600t亦为一批；日产量超过2000t，每1000t为一批，不足1000t亦为一批。
	轻质杂物含量	
	针片状含量	
	压碎值	
	再生混凝土颗粒含量	
再生细集料	含水率	每天拌和前测2个样品。
	颗粒级配	按种类、规格日产量每600t为一批，不足600t亦为一批。
	0.075mm以下材料塑性指数	
	砂当量	
	泥块含量	

7.4.3 再生级配集料检验

再生级配集料的检测项目及频率应满足表 28 的规定。

表 28 再生级配集料质量检测项目及频率要求

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	试验方法
含水率	控制在最佳含水率 0%~1.5%范围内	每作业段或不超过2000m ² 检查1次；异常时，随时检测	JTG 3432-2024 (T 0305-1994、T 0332-2005)
再生级配集料	符合7.2节相关要求	每作业段或不超过2000m ² 检查1次；异常时，随时检测	JTG 3432-2024 (T 0302-2024)
拌合均匀性	无离析现象	随时检查	目测

7.4.4 施工质量验收

公路路面基层再生级配集料施工质量检查项目及频率应符合表 29 的规定，并按照现行 JTG F80/1 的相关规定进行质量检验评定。

城市道路、小区道路、园区道路路面基层再生级配集料施工质量检查项目及频率应符合表 30 的规定，城市道路按照现行的 CJJ 1 的相关规定进行质量检验评定，小区道路、园区道路按照本规范的相关规定进行质量检验评定。

表 29 公路路面基层再生级配集料施工质量检查项目及频率要求

项目类型	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			基层	底基层	
主控项目	压实度 (%)		不小于设计值	不小于设计值	灌砂法：每压实层每1000m ² 检验3点，不足1000m ² 时检验3点
	弯沉 (0.01mm)		不小于设计值	不小于设计值	贝克曼梁：每车道每20m测1点；或采用落锤式弯沉仪 (FWD)：每车道每40m测1点
	厚度 (mm)	代表值	-10	-12	每200m测2点
		合格值	-20	-30	
一般项目	纵断高程 (mm)		+5, -15	+5, -20	水准仪：每200m测2个断面
	宽度 (mm)		不小于设计值	不小于设计值	米尺：每200m测4处
	横坡 (%)		±0.5	±0.5	水准仪：每200m测2个断面
	平整度 (mm)		≤12	≤15	3m直尺：每200m测2处×5尺

表 30 城市道路路面基层再生级配集料施工质量检查项目及频率要求

项目类型	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率		
		基层	底基层			
主控项目	压实度 (%)	不小于设计值	不小于设计值	灌砂法：每压实层每1000m ² 检验1点		
	弯沉 (0.01mm)	不小于设计值	不小于设计值	贝克曼梁：每车道每20m测1点；或采用落锤式弯沉仪 (FWD)：每车道每40m测1点		
	厚度 (mm)	+20, -10	+20, -10	钢尺量：每1000m ² 检测1点		
一般项目	纵断高程 (mm)	±15	±20	水准仪：每20m测1个断面		
	中线偏位 (mm)	≤20	≤20	用经纬仪测量：每100m测一点		
	宽度 (mm)	不小于设计值	不小于设计值	米尺：每40m测1处		
	横坡 (%)	±0.3	±0.3	水准仪	路宽<9m	每20m测2点
					路宽9m~15m	每20m测4点
					路宽<15m	每20m测6点
平整度 (mm)	≤10	≤15	用3m直尺和塞尺	路宽<9m	每20m测1点	
				路宽9m~15m	每20m测2点	
				路宽<15m	每20m测3点	

附录 A

(规范性)

再生混凝土颗粒含量及轻质杂物含量试验方法

A.1 仪器和材料

试验宜采用下列仪器和材料：

- 1 鼓风干燥箱：能使温度控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- 2 电子天平：称量不小于 20kg，感量 0.1g；
- 3 方孔筛：孔径为 4.75mm 的筛一只；
- 4 铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

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 试样取样数量

填料最大粒径(mm)	9.5	19.0	26.5	31.5	37.5	≥ 53
最小取样数量(kg)	20	40	40	60	60	80

A.3 试样处理

按照 GB/T 14685-2022 规定的试样处理方法进行。

A.4 试验步骤

A.4.1 按照 GB/T 14685-2022 规定的方法取样，将试样过 4.75mm 方孔筛，取筛上部分进行试验。将试样缩分至略大于表 A.4 规定数量的 2 倍。

A.4.2 将缩分后的试样置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的干燥箱中烘干至恒重，冷却至室温后分为大致相等的两份备用。

表 A.4 混凝土颗粒含量所需试样数量

填料最大粒径(mm)	9.5	19.0	26.5	31.5	37.5	≥ 53
最小取样数量(kg)	4.0	8.0	8.0	15.0	15.0	20.0

A.4.3 混凝土颗粒含量与轻质杂物含量试验：

- 1 称量试样的质量 m_0 ，精确至 0.1g；
- 2 人工分选出试样中的混凝土块、石块，并称量其质量 m_1 ，精确至 0.1g；
- 3 人工分选出试样中的塑料、木块、布片、纸屑、泡沫颗粒等轻质杂物，并称量各种杂物的总质量 m_2 ，精确至 0.1g。

A.5 结果处理

应分别按式 (A.1) 和式 (A.2) 计算再生材料中混凝土颗粒与轻质杂物占试样总质量的百分比，精确至 0.01%：

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

式中:

- P—再生填料中4.75mm以上部分中混凝土颗粒含量(%)；
- m_0 —所取试样总质量(g)；
- m_1 —所取试样中混凝土颗粒的质量(g)。

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

式中:

- Q—再生填料中4.75mm以上部分中轻质杂物含量(%)；
- m_0 —所取试样总质量(g)；
- m_2 —所取试样中轻质杂物的质量(g)。

A.6 试验结果取两次平行试验的平均值，精确值 0.1%。

