



T/CECS 1063—2022

中国工程建设标准化协会标准

建筑垃圾再生集料路面基层 技术规程

Technical specification for recycled construction
waste for road base

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(2)
3 材 料	(4)
4 设 计	(6)
4.1 混合料组成设计	(6)
4.2 路面基层设计	(11)
5 施 工	(12)
5.1 一般规定	(12)
5.2 混合料拌和及施工	(12)
5.3 再生级配集料施工	(14)
6 验 收	(16)
6.1 一般规定	(16)
6.2 原材料检验	(16)
6.3 施工过程质量检查	(17)
6.4 交工验收	(18)
附录 A 材料设计弹性模量	(20)
附录 B 再生粗集料中混凝土颗粒含量及杂物含量 试验方法	(21)
用词说明	(23)
引用标准名录	(24)
附:条文说明	(25)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Materials	(4)
4	Design	(6)
4.1	Mixture composition design	(6)
4.2	Road base design	(11)
5	Construction	(12)
5.1	General requirements	(12)
5.2	Mixture mixing and construction	(12)
5.3	Recycled graded aggregate construction	(14)
6	Acceptance	(16)
6.1	General requirements	(16)
6.2	Raw material inspection	(16)
6.3	Construction process quality inspection	(17)
6.4	Hand over acceptance	(18)
Appendix A	Material design elastic modular	(20)
Appendix B	Test method of recycled coarse aggregate content of concrete rock and impurities	(21)
	Explanation of wording	(23)
	List of quoted standards	(24)
	Addition; Explanation of provisions	(25)

1 总 则

1.0.1 为促进和规范建筑垃圾再生集料在路面基层中的应用,做到安全适用,技术先进,经济合理,低碳环保,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级道路新建、改建及养护工程的建筑垃圾再生集料路面基层材料、设计、施工与质量验收。

1.0.3 建筑垃圾再生集料路面基层的设计、施工与质量验收,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1 再生集料 recycled aggregate
由建筑垃圾中的混凝土、砂浆、砖瓦、陶瓷等加工而成的粒料。
- 2.1.2 再生粗集料 recycled coarse aggregate
粒径大于或等于 4.75mm 的再生集料。
- 2.1.3 再生细集料 recycled fine aggregate
粒径小于 4.75mm 的再生集料。
- 2.1.4 再生级配集料 recycled graded aggregate
掺用了再生集料的级配集料。
- 2.1.5 杂物 impurities
再生集料中除混凝土、砂浆、石、砖瓦、陶瓷之外的其他物质。
- 2.1.6 轻质杂物 lightweight impurities
杂物中密度小于 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 的塑料、木材、纸张、毛皮、棉絮、布料、泡沫板颗粒等杂质材料。
- 2.1.7 混凝土颗粒含量 content of concrete and rock
再生粗集料中,混凝土块及石块类材料占总质量的百分比。
- 2.1.8 再生集料无机混合料 recycled aggregate inorganic mixture
掺用了再生集料的无机混合料。

2.2 符号

C_v ——变异系数;

E ——材料的抗压回弹模量;

Q_A ——再生粗集料中杂物含量;

- Q_B ——再生粗集料中轻质杂物含量；
 Q_I ——再生粗集料中混凝土颗粒含量；
 \bar{R} ——7d 无侧限抗压强度试验平均值；
 ω_0 ——最佳含水率。

3 材 料

3.0.1 再生集料按颗粒粒径可分为再生粗集料和再生细集料。

3.0.2 再生集料应根据再生粗集料性能指标按表 3.0.2 的规定分为 I 类、II 类。

表 3.0.2 再生集料分类及再生粗集料性能指标 (%)

项 目	I 类	II 类
混凝土颗粒含量	≥ 90	< 90
压碎值	≤ 30	≤ 40
杂物含量	≤ 0.5	≤ 0.8
轻质杂物含量	≤ 0.1	≤ 0.3
针片状颗粒含量	≤ 18	

3.0.3 I 类和 II 类再生集料适用范围宜符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 再生集料适用范围

基层材料种类	再生集料种类	适用范围		
		层位	交通等级	道路等级
再生集料 无机混 合料	I 类	基层	重、中、轻	各等级道路
		底基层	极重、特重、重、中、轻	各等级道路
	II 类	基层	重、中、轻	城市次干路及以下道路 二级及以下公路
		底基层		各等级道路
再生级配集料	I 类、II 类	基层	轻	非机动车道

3.0.4 再生细集料应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 再生细集料 (%)

项目	水泥稳定、水泥粉煤灰稳定	石灰粉煤灰稳定、级配再生集料
有机质含量	< 2	≤ 10
砂当量	≥ 40	—

3.0.5 水泥应选用初凝时间大于 3h、终凝时间不小于 6h 的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥,且应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB/T 175 的有关规定;当 I 类再生级配集料应用于路面基层时宜选用 42.5 级水泥,当 I 类再生级配集料应用于路面底基层时可选用 32.5 级水泥,当采用 II 类再生级配集料时宜选用 42.5 级水泥。

3.0.6 I 级至 III 级石灰应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的有关规定。石灰有效钙镁含量为 40%~60%时,应经试验验证,配制的混合料 28d 无侧限抗压强度不应小于 2.5MPa,且不得应用于二级以上公路及主干路以上城镇道路。

3.0.7 粉煤灰、天然集料、水应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的有关规定。

4 设计

4.1 混合料组成设计

4.1.1 再生级配集料可全部采用再生集料或掺配部分天然集料，并按级配要求进行掺配。当配制的混合料强度不能满足设计要求时，可调整再生级配集料中天然集料的掺量，且天然集料的掺量占比不宜高于集料总质量的70%。

4.1.2 混合料用再生级配集料最大粒径不应大于37.5mm，水泥稳定再生集料混合料用再生级配集料颗粒级配宜符合表4.1.2-1的规定。石灰粉煤灰稳定再生集料混合料和水泥粉煤灰稳定再生集料混合料用再生级配集料颗粒级配宜符合表4.1.2-2的规定。

表 4.1.2-1 水泥稳定再生集料混合料用再生级配集料颗粒组成

项目		通过质量百分率(%)			
		基层		底基层	
		高速公路、 一级公路 城市快速路、 主干路	二级及以下公路 次干路及以下 道路	高速公路、 一级公路 城市快速路、 主干路	二级及以下公路 次干路及以下 道路
筛 孔 尺 寸 (mm)	37.5	—	100	100	100
	31.5	100	90~100	90~100	—
	26.5	91~95	66~100	—	—
	19.0	76~85	54~100	67~90	—
	13.2	62~75	—	—	—
	9.5	51~65	39~100	45~68	—
	4.75	35~45	28~84	29~50	50~100
	2.36	22~31	20~70	18~38	—
	1.18	13~22	14~57	—	—
	0.60	8~15	8~47	8~22	17~100
	0.30	5~10	—	—	—
	0.15	3~7	—	—	—
	0.075	2~5	0~30	0~7	0~30

表 4.1.2-2 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料、水泥粉煤灰
稳定再生集料混合料用再生级配集料颗粒组成

项目		通过质量百分率(%)			
		城市快速路及以下道路		高级公路和 一级公路	二级及以下 公路
		底基层	基层		
筛 孔 尺 寸 (mm)	37.5	100	—	—	100
	31.5	90~100	100	100	90~100
	26.5	—	81~98	91~95	81~94
	19.0	72~90	52~70	76~85	67~83
	13.2	—	—	62~75	54~73
	9.5	30~50	30~50	51~65	45~64
	4.75	18~38	18~38	35~45	30~50
	2.36	10~27	10~27	22~31	19~36
	1.18	6~20	8~20	13~22	12~26
	0.60	0~7	0~7	8~15	8~19
	0.30	—	—	5~10	—
	0.15	—	—	3~7	—
0.075	—	—	2~5	2~7	

4.1.3 再生级配集料基层用再生级配集料最大粒径不应大于 37.5mm, 颗粒级配宜符合表 4.1.3 的规定。再生级配集料承载力(CBR)强度不应低于 80%。

表 4.1.3 再生级配集料颗粒组成

项目		通过质量百分率(%)	
		基层	底基层
筛 孔 尺 寸 (mm)	37.5	100	100
	31.5	90~100	83~100
	19.0	73~88	54~84
	9.5	49~69	29~59
	4.75	29~54	17~45
	2.36	17~37	11~35

4.1.4 公路用再生集料无机混合料的组成设计强度应符合现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定,城镇道路用再生集料无机混合料的组成设计强度应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

4.1.5 水泥稳定再生集料混合料的配制步骤应符合下列规定:

1 试配时水泥掺量宜符合表 4.1.5-1 的规定。

表 4.1.5-1 水泥稳定再生集料混合料试配水泥掺量(%)

集料类别	层位	水泥掺量				
		4	5	6	7	8
I 类	基层	4	5	6	7	8
	底基层	3	4	5	6	7
II 类	基层	4	5	6	7	8
	底基层	4	5	6	7	8

2 应采用现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中规定的振动压实方法或重型击实试验方法确定不同水泥掺量混合料的最佳含水率和最大干密度。

3 应按设计中规定的压实度计算不同水泥掺量试件的干密度。

4 制备再生集料混合料的试件尺寸为 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$, 且每组试件数量不应少于 9 个。

5 试件养护和无侧限抗压强度测定应符合现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 的有关规定。

6 计算无侧限抗压强度平均值 \bar{R} 和变异系数 C_v 时,若试验结果的变异系数大于表 4.1.5-2 中规定值,应重做试验。

表 4.1.5-2 最少试件数量

变异系数(%)	试件数量(个)
≤ 10	9
≤ 15	13

7 根据无侧限抗压强度试验结果选定水泥掺量,水泥稳定 I

类再生集料混合料水泥最小掺量不应小于 3%；当采用 32.5 强度等级的水泥时，水泥最小掺量不应小于 4%。水泥稳定 II 类再生集料混合料水泥最小掺量不应小于 4%。选定的水泥掺量混合料可采用内插法计算最大干密度和最佳含水率。

4.1.6 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料中，石灰与粉煤灰的质量比例宜为 1 : 1.5 ~ 1 : 3，石灰粉煤灰与集料的质量比例应为 15 : 85 ~ 22 : 78。

4.1.7 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的配制步骤应符合下列规定：

1 制备不同比例的石灰粉煤灰混合料时，宜采用重型击实试验的方法确定不同比例石灰粉煤灰混合料的最佳含水率和最大干密度，对比相同龄期和相同压实度的抗压强度，选用试件强度最大的石灰粉煤灰比例。

2 试配时石灰掺量宜按表 4.1.7 选取。

表 4.1.7 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料试配石灰掺量 (%)

结构部位	石灰掺量				
基层	4	5	6	7	8
底基层	3	4	5	6	7

3 应采用现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中规定的振动压实方法或重型击实试验方法确定不同石灰掺量混合料的最佳含水率和最大干密度。

4 应按设计中规定的压实度计算不同石灰掺量试件的干密度。

5 制备再生集料混合料的试件尺寸为 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，且每组试件数量不应少于 9 个。

6 试件养护和无侧限抗压强度测定应符合现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 的有关规定。

7 计算抗压强度平均值 \bar{R} 和变异系数 C_v 时，若试验结果的变异系数大于表 4.1.5-2 中规定值，应重做试验。

8 应根据无侧限抗压强度试验结果选定石灰掺量,石灰最小掺量不应小于3%;当采用Ⅱ类再生级配集料时,石灰最小掺量不宜小于4%。选定的石灰掺量混合料可采用内插法计算最大干密度和最佳含水量。

4.1.8 水泥粉煤灰稳定再生集料混合料中,水泥与粉煤灰的质量比例宜为1:1.5~1:3,水泥粉煤灰与集料的质量比例应为8:92~15:85。

4.1.9 水泥粉煤灰稳定再生集料混合料的配制步骤应符合下列规定:

1 制备不同比例的水泥粉煤灰混合料时,宜采用重型击实试验方法确定不同比例水泥粉煤灰混合料的最佳含水率和最大干密度,对比相同龄期和相同压实度的抗压强度,选用试件强度最大的水泥粉煤灰比例。

2 试配时水泥掺量宜按表4.1.9选取。

表 4.1.9 水泥粉煤灰稳定再生集料混合料试配水泥掺量(%)

集料类别	层位	水泥掺量			
		3	4	5	6
I类	基层、底基层	3	4	5	6
Ⅱ类	基层、底基层	3	4	5	6

3 应采用现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTGE51中规定的振动压实方法或重型击实试验方法确定不同水泥掺量混合料的最佳含水率和最大干密度。

4 应按设计中规定的压实度计算不同水泥掺量试件的干密度。

5 制备再生集料混合料的试件尺寸为 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$,且每组试件数量不应少于9个。

6 试件养护和无侧限抗压强度测定应符合现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTGE51的有关规定。

7 计算无侧限抗压强度平均值 \bar{R} 和变异系数 C_v 时,若试验结果的变异系数大于本规程表4.1.5-2中规定值,应重做试验。

8 根据无侧限抗压强度试验结果选定水泥掺量,水泥用量不应小于 3%,选定的水泥掺量混合料可采用内插法计算最大干密度和最佳含水率。

4.2 路面基层设计

4.2.1 公路再生集料无机混合料结构层设计应符合现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定,城镇道路再生集料无机混合料结构层设计应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

4.2.2 再生集料无机混合料设计弹性模量宜通过试验确定或按本规程附录 A 执行。

4.2.3 公路再生集料无机混合料路面结构验算应符合现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定,城镇道路再生集料无机混合料路面结构验算应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 施工前,下承层表面和公路的检验指标应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1的有关规定。城镇道路的检验指标符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定。

5.1.2 再生集料无机混合料基层施工工艺除满足本标准要求外,公路的其他工艺还应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20的有关规定,城镇道路的其他工艺应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定。

5.1.3 再生集料无机混合料施工时,应在混合料处于含水率允许范围内进行碾压,碾压宜采用胶轮压路机。

5.1.4 城市次干路及以上道路、二级及以上公路用再生集料无机混合料不应采用路拌法施工。其他等级公路道路采用路拌法施工时应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20的有关规定,其他等级城镇道路采用路拌法施工时应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定。

5.2 混 合 料 拌 和 及 施 工

5.2.1 混合料的拌和和运输应符合下列规定:

1 原材料储存及混合料拌和过程中可采取覆盖、预湿、局部封闭等抑尘措施;

2 混合料配合比应符合设计要求。配制中,原材料计量应准确,计量装置精度不应低于 $\pm 0.5\%$;含水率应符合施工要求;搅拌均匀,拌和时间不宜低于15s;应采用强制拌和;

3 进场检验产品应有产品合格证及水泥或石灰用量、石灰活性氧化物含量、粒料等级、粒料级配、混合料配合比、R7 强度标准值；

4 混合料运输应采取覆盖措施，防止水分损失，避免遗撒、扬尘。混合料堆放及运输过程中，应采取有效措施，减少集料离析；

5 现场拌和施工工艺应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的有关规定。

5.2.2 混合料的摊铺应符合下列规定：

1 施工前应铺筑试验段，确定施工工艺和松铺系数。松铺系数宜符合表 5.2.2-1 的规定。

表 5.2.2-1 混合料松铺系数

混合料种类	松铺系数
水泥稳定	1.20~1.35
石灰粉煤灰稳定	1.20~1.45
水泥粉煤灰稳定	1.20~1.40

2 宜采用专用摊铺机械摊铺。

3 混合料每层最大压实厚度不宜大于 200mm，且不宜小于 150mm。

4 水泥稳定再生集料混合料自搅拌至摊铺完成，不应超过 3h；应按当班施工长度计算用料量。

5 摊铺中发生粗、细集料离析时，应及时翻拌均匀。

6 分层摊铺时，下层养护龄期应符合表 5.2.2-2 的规定，且能钻取完整芯样后，方可摊铺上层材料。

表 5.2.2-2 混合料的养生龄期(d)

混合料种类	养护龄期
水泥稳定、水泥粉煤灰稳定	≥7
石灰粉煤灰稳定	≥14

5.2.3 混合料的碾压应符合下列规定：

1 水泥稳定、水泥粉煤灰稳定再生集料混合料宜在 3h 内完成碾压，应取混合料的初凝时间与允许延迟时间中较短的时间作为施工控制时间；石灰粉煤灰稳定再生集料混合料宜当天碾压完成。

2 应在混合料含水率处于允许范围内进行碾压，石灰粉煤灰稳定Ⅱ类再生集料混合料最佳含水率允许范围在 $\omega_0 \pm 1\%$ ，其他混合料最佳含水率允许范围在 $\omega_0 \pm 1\%$ 。

3 宜采用 12t 以上压路机进行初步稳定碾压(2 遍~3 遍)，混合料初步稳定后用 18t 或以上规格的压路机碾压，当使用重型振动压路机强振碾压无机结合料稳定Ⅱ类再生集料混合料后，应使用弱振继续碾压压实，最后采用胶轮或双钢轮压路机碾压，压至表面平整、无明显轮迹，且达到要求的压实度。

4 采用钢轮压路机碾压时，碾压轮上应设置刮板或钢丝绳，碾压过程中不应出现严重粘辊和起皮现象。

5 当使用振动压路机时，应满足环境保护和周围建筑物及地下管线、构筑物的安全要求。

5.2.4 养生与交通管制应符合下列规定：

1 碾压完毕且平整度、压实度、厚度等检查合格后，表面宜洒水或覆盖透水无纺土工布养生。土工布之间搭接不应小于 50cm，两侧下搭不应小于 50cm。

2 土工布覆盖养生期间，除洒水车外严禁其他车辆通行，洒水车速度不应超过 20km/h。

5.3 再生级配集料施工

5.3.1 再生级配集料的摊铺应符合下列规定：

1 施工前应铺筑试验段，确定施工工艺和压实系数，松铺系数可为 1.25~1.35，也可通过试验确定；

2 摊铺再生级配集料每层应按松铺厚度一次铺齐，颗粒分布

应均匀,且厚度一致,不得多次填补;

3 已摊平的再生级配集料,碾压前应断绝交通,保持摊铺层清洁。

5.3.2 再生级配集料的碾压应符合下列规定:

1 应在再生级配集料含水率处于允许范围内进行碾压,再生级配集料最佳含水率允许范围 ω_0^{+1} %。

2 宜采用 12t 以上的压路机碾压成型,应碾压至缝隙嵌挤密实,表面平整,轮迹小于 5mm,且达到要求的压实度。

5.3.3 养生与交通管制应符合下列规定:

1 碾压完成的路段应在结构层表面干燥后方可进行下一道工序。

2 未铺装上层前,已成型的再生级配集料基层不得开放交通。

6 验 收

6.1 一 般 规 定

6.1.1 混合料基层和再生级配集料基层施工验收除满足本规程要求外,公路的其他材料及验收指标尚应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的有关规定。城镇道路的其他材料及验收指标尚应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.1.2 混合料基层和再生级配集料基层交工验收除满足本规程要求外,公路的其他材料及验收指标尚应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG/T F80 的有关规定。城镇道路的其他材料及验收指标尚应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.2 原 材 料 检 验

6.2.1 原材料应在施工前以批为单位进行检查,不符合本规程要求的材料不得进场。

6.2.2 再生集料应按同来源、同级配、同类别进行划分,且每 1000t 为一个检验批,不足 1000t 时也应为一批。再生集料的质量检测项目和要求应按表 6.2.2 执行。

表 6.2.2 再生集料质量检测项目和要求

名称	项目	检测频率	质量要求	试验方法
再生粗集料	杂物含量	每批 1 次	符合本规程表 3.0.2 的规定	本规程附录 B
	再生混凝土颗粒含量			《公路工程集料试验规程》 JTG E42
	压碎值			
	针片状含量			

续表 6.2.2

名称	项目	检测频率	质量要求	试验方法
再生细集料	砂当量	每批 1 次	符合本规程表 3.0.4 的规定	《公路工程集料试验规程》JTG E42
	有机质含量			《公路土工试验规程》JTJG 3430

6.2.3 再生级配集料的承载比(CBR)强度应依据《公路土工试验规程》JTJG 3430 的有关规定进行试验,CBR 强度应符合该规程第 4.1.3 条的规定。

6.3 施工过程质量检查

6.3.1 施工过程中再生集料无机混合料的质量检验应按表 6.3.1 进行。

表 6.3.1 再生集料无机混合料质量检测项目和要求

名称	项目	检测频率	质量要求	试验方法
再生集料混合料	级配	每一作业段或不超过 2 000m ² 检查 1 次;异常时,随时检测	满足混合料设计要求	《公路工程集料试验规程》JTJG E42
	含水率	每一作业段或不超过 2 000m ² 检查 1 次;异常时,随时检测	最佳含水率允许范围内	《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJG E51
	水泥(石灰)剂量	每一作业段或不超过 2 000m ² 检查 1 次	符合混合料设计要求	《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJG E51
	拌和均匀性	随时检测	无离析现象	目测
施工质量	7d 无侧限抗压强度	每作业段或每 2 000m ² 测一组,每组 9 或 13 个试件	符合设计要求	《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJG E51
	压实度	每作业段或每 2 000m ² 测 6 次以上	符合设计要求	《公路路基路面现场测试规程》JTJG 3450

6.3.2 施工过程中级配再生集料的质量检验应按表 6.3.2 进行。

表 6.3.2 级配再生集料质量检测项目和要求

名称	项目	检测频率	质量要求	试验方法
级配再生集料	级配	每一作业段或不超过 2000m ² 检查 1 次; 异常时, 随时检测	符合混合料设计要求	《公路工程集料试验规程》JTG E42
	含水率		最佳含水率允许范围内	《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51
	拌和均匀性	随时检测	无离析现象	目测
施工质量	压实度	每作业段或每 2000m ² 测 6 次以上	符合设计要求	《公路路基路面现场测试规程》JTG 3450

6.3.3 公路外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的有关规定。城镇道路外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

6.4 交工验收

6.4.1 再生集料无机混合料基层、底基层的压实度应符合表 6.4.1 的规定。再生级配集料基层的压实度不应低于 97%。宜采用灌砂法或灌水法检验压实度, 每 200m、每一压实层, 抽检 4 处。

表 6.4.1 再生集料无机混合料压实度

层位	道路等级	交通等级	压实度 (代表值)(%)
基层	高速公路、一级公路 城市快速路、主干路	重、中、轻	≥98
	二级及以下公路 城市次干路及以下道路	重、中	≥98
		轻	≥97
底基层	高速公路、一级公路 城市快速路、主干路	极重、特重、 重、中、轻	≥97
	二级及以下公路 城市次干路及以下道路	极重、特重、重、中	≥97
		轻	≥96

6.4.2 基层、底基层的 7d 无侧限抗压强度应满足设计要求。应采用施工现场取样,每 2000m² 抽检 1 组,每组 9 块或 13 块,每次施工路段不足 2000m² 时也抽检 1 组。

6.4.3 表面应平整、密实、接缝平顺,无明显粗、细集料离析现象,无推移、裂缝、贴皮、松散、浮料。

6.4.4 公路路面基层的偏差应符合现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 的有关规定;城镇道路基层的偏差应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

附录 A 材料设计弹性模量

A.0.1 再生集料无机混合料单轴压缩模量试验方法依据现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定进行试验时,再生集料无机混合料弹性模量 E 取值宜符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 再生集料无机混合料弹性模量取值参考范围(MPa)

材料	弹性模量
水泥稳定再生 I 类再生集料、水泥粉煤灰稳定 I 类再生集料、石灰粉煤灰稳定 I 类再生集料	13 000~25 000
水泥稳定再生 II 类再生集料、水泥粉煤灰稳定 II 类再生集料、石灰粉煤灰稳定 II 类再生集料	10 000~20 000

A.0.2 再生集料无机混合料抗压回弹模量试验方法依据现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 的有关规定进行试验时,再生集料无机混合料抗压回弹模量 E 取值宜符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 再生集料无机混合料抗压回弹模量取值参考范围(MPa)

材料	抗压回弹模量
水泥稳定再生 I 类再生集料、水泥粉煤灰稳定 I 类再生集料、石灰粉煤灰稳定 I 类再生集料	1 300~1 700
水泥稳定再生 II 类再生集料、水泥粉煤灰稳定 II 类再生集料、石灰粉煤灰稳定 II 类再生集料	1 200~1 600

附录 B 再生粗集料中混凝土颗粒含量 及杂物含量试验方法

B.1 仪器及试样制备

B.1.1 试验用仪器设备应满足下列要求：

- 1 烘箱温度可控范围应满足 $100^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 电子天平应满足量程 100kg，感量 1g；量程 20kg，感量 0.1g；
- 3 试验筛应符合 4.75mm、9.5mm、19.0mm、26.5mm、31.5mm、37.5mm 标准方孔筛要求。
- 4 采用振动摇筛机。

B.1.2 取样及试样制备应符合下列规定：

- 1 应按现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中规定的取样要求进行取样。
- 2 试样的最少取样数量应符合表 B.1.2 的规定。混凝土石含量与杂物含量可采用同一组试样进行试验。

表 B.1.2 试验取样数量

集料最大粒径(mm)	最少取样数量(kg)	集料最大粒径(mm)	最少取样数量(kg)
9.5	20	31.5	60
19.0	40	37.5	60
26.5	40	—	—

B.1.3 将试样过 4.75mm 方孔筛，取筛上部分进行试验，用四分法将试样缩分至不小于表 B.1.2 规定的数量。

B.2 试验步骤和计算

B.2.1 试验步骤应符合下列规定：

- 1 将试样置于烘箱中，在 $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒量，待冷却至

室温后,分为大致相等的两份备用,每份试样数量应满足表 B. 2. 1 的规定。

表 B. 2. 1 混凝土颗粒含量及杂物含量所需试样数量

集料最大粒径(mm)	最少试样数量(kg)	集料最大粒径(mm)	最少试样数量(kg)
9.5	4.0	31.5	15.0
19.0	8.0	37.5	15.0
26.5	8.0	—	—

2 取其中一份试样进行试验,称量试样的质量为 m_1 ,精确至 0.1g。

3 人工分选出试样中的混凝土块和石块,称量混凝土块和石块的总质量为 m_2 ,精确至 0.1g。

4 人工分选出试样中的金属、玻璃、沥青、橡胶、塑料、木材、纸张、毛皮、棉絮、布料、泡沫板颗粒等杂物,分别称量杂物的总质量 m_3 和塑料、木材、纸张、毛皮、棉絮、泡沫板颗粒等轻质杂物总质量 m_4 ,精确至 0.1g。

B. 2. 2 再生粗集料中混凝土颗粒和杂物占再生粗集料试样总质量的百分比分别按下列公式计算,且 Q_1 、 Q_A 、 Q_B 的精度应为 0.1%。

$$Q_1 = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (\text{B. 2. 2-1})$$

$$Q_A = \frac{m_3}{m_1} \times 100\% \quad (\text{B. 2. 2-2})$$

$$Q_B = \frac{m_4}{m_1} \times 100\% \quad (\text{B. 2. 2-3})$$

式中: Q_1 ——再生粗集料中混凝土颗粒含量(%);

Q_A ——再生粗集料中杂物含量(%);

Q_B ——再生粗集料中轻质杂物含量(%).

B. 2. 3 取另一份试样进行平行试验,当两次试验结果之差不大于平均值的 15%时,试验结果取两次平均值,且精确至 0.1%。当两次试验结果之差大于平均值的 15%时,试验结果无效。

用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中,注日期的,仅对该日期对应的版本适用本规程;不注日期的,其最新版适用于本规程。

- 《通用硅酸盐水泥》GB/T 175
- 《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685
- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 《城镇道路路面设计规范》CJJ 169
- 《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20
- 《公路工程集料试验规程》JTG E42
- 《公路沥青路面设计规范》JTG D50
- 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51
- 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1
- 《公路土工试验规程》JTG 3430
- 《公路路基路面现场测试规程》JTG 3450

中国工程建设标准化协会标准

建筑垃圾再生集料路面基层
技术规程

T/CECS 1063—2022

条文说明

制定说明

本标准制定过程中,编制组进行了建筑垃圾再生集料路面基层应用技术在国内外多省市实际应用情况的调查研究,总结了我国工程建设道路路面基层应用建筑垃圾再生材料领域的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过建筑垃圾再生集料配制再生无机混合料的配合比设计、混合料性能以及实际工程质量验收试验研究取得了建筑垃圾再生集料在路面基层中应用的综合性技术成果。

本标准编制以指标准确、技术合理、适用性广泛为原则,以调研和实际试验结果统计分析为基础,对重要技术指标的提出做到有据可依。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规程,《建筑垃圾再生集料路面基层技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(31)
2	术语和符号	(32)
2.1	术语	(32)
3	材 料	(34)
4	设 计	(36)
4.1	混合料组成设计	(36)
4.2	路面基层设计	(37)
5	施 工	(38)
5.1	一般规定	(38)
5.2	混合料拌和及施工	(38)
5.3	再生级配集料施工	(39)
6	验 收	(40)
6.1	一般规定	(40)
6.4	交工验收	(40)
附录 A	材料设计弹性模量	(41)

1 总 则

1.0.1 本规程规定了建筑垃圾再生级配集料的质量控制指标,水泥稳定再生集料混合料、石灰粉煤灰稳定再生集料混合料、水泥粉煤灰稳定再生集料混合料和级配再生集料基层的原材料技术要求、配合比设计、拌和、施工、验收指标,为建筑垃圾再生集料在路面基层应用提供了全面的技术指导及质量控制标准。

1.0.2 根据试验研究和实际应用成果统计,目前再生集料混合料已在各等级道路中得到了良好的应用推广,其各项指标可满足不同等级道路的应用性能要求。

1.0.3 本规程应用过程中应同时符合国家现行标准《乡村道路工程技术规范》GB/T 51224,《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169、《公路沥青路面设计规范》JTG D50、《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 中的相关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 由于建筑垃圾来源不同、组成复杂导致再生集料与普通集料性能具有一定差异。通过对再生集料组成的试验数据统计,经过目前加工工艺生产的再生集料以混凝土、砂浆、石、砖瓦、陶瓷为主要组分。通过分拣工艺,可将再生集料初步划分为以混凝土为主要组成的再生集料和以砖瓦、砂浆为主要组成的再生集料。

2.1.4 再生级配集料可全部选用再生集料,也可在普通集料中掺用一定比例的再生集料。当集料级配满足标准级配范围要求时,称为再生级配集料。为促进再生集料的利用,再生集料的掺用比例不宜低于 30%。

2.1.5 生产再生级配集料的建筑垃圾组成复杂,导致再生级配集料的组成复杂,除可作为集料的混凝土、砂浆、石、砖瓦、陶瓷材料外,还包括金属、木屑、纸屑、棉絮、塑料、玻璃、沥青、石膏、毛皮、煤块、炉渣、土等多种对混合料强度有不利影响的组分。通过试验统计,经分选加工后,再生集料中混凝土、砂浆、石、砖瓦、陶瓷组分所占比例可控制在 99%以上。除以上五种组分外,将其他组分视为杂物。按照杂物的密度可分为密度较大的杂物,主要包括:金属、橡胶、玻璃、沥青;密度较小的杂物,主要包括:塑料、木材、棉絮、毛皮、纸张、泡沫板等轻质颗粒。

2.1.7 通过试验结果统计,再生级配集料中粒径 4.75mm 以下的颗粒对混合料强度影响不明显,粒径 4.75mm 以上再生级配集料的级配、压碎指标、杂物含量对混合料强度有明显影响。同时,4.75mm 以下的再生集料颗粒中轻质杂物含量相对较小且不易分拣试验。因此,将再生混凝土颗粒含量作为再生集料分类的一项

重要性能指标。取粒径 4.75mm 以上的再生级配集料进行混凝土颗粒含量测定,当再生级配集料中混凝土和石的比例高于 90% 时,集料的压碎值及混合料的强度优势明显。

2.1.8 再生集料无机混合料按无机结合料种类分为水泥稳定再生集料、石灰粉煤灰稳定再生集料、水泥粉煤灰稳定再生集料。

3 材 料

3.0.2 回收建筑垃圾时应对建筑垃圾进行分类堆放,如以混凝土为主要组成部分的建筑垃圾与砖混类建筑垃圾分开堆放。混凝土类建筑垃圾破碎加工后形成的再生集料易满足Ⅰ类再生集料指标要求,适用范围较大,可用于城市快速路、主干路及二级以上公路基层。据试验结果统计,砖混结构物拆除加工产生的Ⅱ类再生集料中再生混凝土颗粒含量主要分布在30%~70%,而Ⅱ类再生集料中再生混凝土颗粒含量的波动对混合料强度性能影响不明显,故没有对Ⅱ类再生集料进行进一步划分。

通过试验验证,再生级配集料的混凝土颗粒含量、压碎值、杂物含量是影响再生集料混合料的重要技术指标。按照上述指标将再生级配集料划分为两类。多年来国内多家再生集料生产企业的再生集料杂物含量试验结果显示,Ⅰ类再生集料中密度较小的杂物的质量比基本可以控制在0.1%以下,Ⅱ类再生集料中密度较小的杂物的质量比基本可以控制在0.3%以下,而该类杂物对再生集料混合料性能影响较大,因此依据密度和对混合料性能的影响程度对杂物进行分类。

3.0.3 再生集料可用于配制不同等级道路基层应用的再生混合料,也可配制成再生级配集料,直接应用于道路基层中。根据其性能指标要求规定其适用道路等级范围。

3.0.4 再生细集料中的有机质和泥粉含量对水泥稳定再生集料和水泥粉煤灰稳定再生集料的性能影响较为明显,应控制细集料中有机质和泥粉含量。其中,为区别泥粉与石粉宜采用砂当量法控制再生细集料质量。

3.0.5 通过试验验证,使用32.5级水泥与Ⅱ类再生级配集料配

制混合料不易达到强度要求。在利用Ⅱ类再生级配集料配制混合料时宜选用 42.5 级水泥。

3.0.6 由于石灰产量限制及石灰烧制成本提高,目前市场上应用的石灰满足现行标准中规定的Ⅰ级至Ⅲ级石灰要求的数量较少,部分应用等外石灰配制混合料。通过试验验证,当等外石灰有效钙镁含量小于 40%时,配制的混合料 7d 无侧限抗压强度可以满足标准要求,但后期强度增长较小,28d 无侧限抗压强度一般低于 2.0MPa,不能满足后期应用要求,不能应用于道路基层;当等外石灰有效钙镁含量不小于 40%且低于Ⅲ级石灰要求时,配制的混合料 7d 无侧限抗压强度可以满足标准要求,且 28d 无侧限抗压强度应通过试验确定,以满足后期应用要求。

4 设计

4.1 混合料组成设计

4.1.2 再生集料颗粒级配也可通过试验确定。

4.1.4 再生集料无机混合料的强度指标不应低于普通混合料的设计强度指标要求。

4.1.5 水泥稳定再生集料混合料的组成设计步骤应符合下列规定：

2 应采用重型击实或振动压实试验方法确定混合料的最佳含水量和最大干密度，当采用振动压实试验方法确定混合料最佳含水量和最大干密度时，应通过对比试验确定振实时间。Ⅱ类再生集料配制的混合料在采用重型击实试验时，落锤下落冲击集料过程中，集料容易发生破裂现象，导致混合料黏结性降低，出现样品反弹不易击实现象，或击实出水后混合料密度仍然提高，击实曲线峰值不合理等现象，故采用振动压实试验方法确定最佳含水量和最大干密度更准确。

4 由于再生集料的不均匀特性，配制的混合料强度试件数量不应低于9个/组。

7 Ⅱ类再生级配集料中砖瓦类组份较多，集料表面多孔，对胶结材料有一定的吸附作用，当胶结材料用量较少时，易导致混合料中胶结材料分散不均匀，且当选用Ⅱ类再生级配集料配制混合料时，由于Ⅱ类再生集料的密度明显低于普通集料，当水泥质量比为3%时，混合料中水泥的体积占比明显低于3%质量占比的普通集料混合料。因此，当选用Ⅱ类再生级配集料配制混合料时水泥剂量不宜小于4%。

4.1.7 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的组成设计步骤应符合

下列规定：

3 再生集料吸水率随时间的延长而增加。重型击实试验中，随着混合料浸润时间延长，测得最佳含水量增加。在施工前宜预计混合料从加水拌和到碾压过程所需的时间，根据该时间确定击实试验中混合料的浸润时间。在该浸润时间下测定最佳含水量更便于指导施工应用。

8 II类再生级配集料中砖瓦类组份较多，集料表面多孔，对胶结材料有一定的吸附作用，当胶结材料用量较少时，易导致混合料中胶结材料分散不均匀，当选用II类再生级配集料配制混合料时，石灰掺量不宜小于4%。

4.2 路面基层设计

4.2.2 无机混合料弹性模量是路面结构设计的主要参数。通过大量试验结果显示，I类再生集料无机混合料的弹性模量与天然集料无机混合料的弹性模量基本相当，II类再生集料无机混合料的弹性模量略低于天然集料无机混合料弹性模量。为便于设计应用，通过试验结果统计，给出的再生集料无机混合料的弹性模量参考范围见本规程附录A。依据现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 要求，混合料的弹性模量应按《公路沥青路面设计规范》JTG D50 中的有关规定进行试验。依据现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 要求，混合料的弹性模量应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中规定的试验方法进行试验。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.3 再生集料混合料的最佳含水量相对较高,在 10%~17% 范围内,施工碾压过程中含水率过高易出现粘辊、起皮现象,含水率过低易出现集料离析现象,在混合料碾压过程中应控制含水量。钢轮碾压设备在强振碾压过程中易造成表层集料破裂,宜采用胶轮压路机进行碾压成型。

5.2 混合料拌和及施工

5.2.1 混合料的拌和和运输应符合下列规定:

5 为提高混合料的均匀性,对高等级道路应采用集中厂拌法生产混合料;对于低等级道路宜采用集中厂拌法生产混合料,也可根据现场情况合理采用路拌法施工,拌和施工过程应符合相关标准要求。

5.2.2 混合料的摊铺应符合下列规定:

1 混合料的松铺系数可参照表 5.2.2-1 的规定,也可通过铺筑试验段确定。

4 为降低水泥稳定再生集料混合料的经时强度损失,应合理控制混合料的摊铺时间。

6 不同无机结合料配制的混合料可根据其强度增长情况选择合理的养生龄期。

5.2.3 混合料的碾压应符合下列规定:

1 对于水泥稳定、水泥粉煤灰稳定再生集料,由于水泥从拌和加水到凝结硬化时间较短,当水泥开始初凝后,对混合料进行碾压导致混合料强度损失较大,应合理控制混合料的碾压时间;石灰

粉煤灰稳定再生集料碾压前,生石灰应充分消解且无未消解的较大颗粒,避免碾压成型后石灰消解水化产生体积膨胀影响混合料强度,同时应合理控制碾压时间,防止延迟碾压造成混合料强度损失。

2 再生集料混合料碾压含水率不宜超过最佳含水率。但鉴于再生集料吸水率大,混合料含水量不易控制,建议再生集料混合料碾压含水率不宜超过最佳含水率 1% 以上。另外,在测定 II 类再生集料配制混合料最佳含水率和最大干密度的击实试验过程中,由于再生集料的微粉含量相对较多,且击实过程中出现部分集料击碎现象,导致击实锤下落后周边混合料反弹,影响击实结果。部分击实试验中会出现击实出水后所测混合料干密度仍有提高。击实试验最佳含水率取值适宜在混合料击实不出水或出水微量的条件下选取,以保证施工质量。由于再生集料混合料含水率较低时,易出现集料离析现象,所以混合料的含水量不宜过低。

3 由于 II 类再生集料粉类较多、质量较轻,在混合料碾压过程中采用重型振动压路机强振碾压时易出现混合料反弹现象,宜进一步通过轻振碾压进行碾压密实。

4 由于再生集料混合料的含水率较高,碾压过程中容易出现粘棍、起皮等现象,建议在使用钢轮压路机碾压时应在钢轮上配制钢丝绳或刮板等装置。

5.3 再生级配集料施工

5.3.1~5.3.3 再生级配集料也可作为非机动车道、人行道、广场、停车场等区域的基层材料直接用于基层铺设。使用中需合理控制其最大粒径、级配、CBR 强度等性能要求。乡村道路、小区道路、厂区等低等级道路中用再生级配集料直接铺筑的基层、底基层可参照本标准执行。

6 验 收

6.1 一 般 规 定

6.1.1 质量验收包括施工过程中的质量控制和交工验收。再生集料无机混合料的施工过程质量控制不应低于普通无机混合料。

6.1.2 再生集料无机混合料的交工过程质量验收不应低于相应行业标准的要求。

6.4 交 工 验 收

6.4.1 根据击实结果与现场实际压实度试验对比,受击实工艺及现场施工机具的影响,现场混合料压实度普遍偏高,而压实度对混合料试件的强度具有明显影响。为保证工程质量,适当调整再生集料无机混合料压实度要求,其压实度应满足表 6.4.1 的规定。

附录 A 材料设计弹性模量

A.0.1、A.0.2 根据试验数据统计结果，Ⅰ类再生骨料配制的无机混合料弹性模量基本可以满足天然集料配制的无机混合料弹性模量的要求。Ⅱ类再生骨料配制的无机混合料在具有相同无侧限抗压强度条件下，其弹性模量会随混凝土颗粒含量的增加而增加。在设计过程中选用混合料弹性模量时，可根据再生集料中混凝土颗粒含量的变化相应选取弹性模量值，当混凝土颗粒含量较高时，弹性模量选大值，当砖瓦类材料和砌筑砂浆等弹性模量较小的颗粒含量较多时，回弹模量宜选小值。