

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 4060—2021

建筑垃圾再生骨料路面基层应用技术标准

Technical standard for application of recycling construction waste aggregate in
pavement base

2021-06-04 发布

2021-12-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅

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 基本规定 2

5 原材料 2

 5.1 再生骨料 2

 5.2 天然骨料 4

 5.3 水泥 4

 5.4 水 4

6 配合比设计 4

 6.1 水泥稳定再生混合料 4

 6.2 再生级配骨料 5

7 施工 5

 7.1 一般规定 5

 7.2 水泥稳定再生混合料 6

 7.3 再生级配骨料 7

8 质量检验与验收 7

 8.1 一般规定 7

 8.2 水泥稳定再生混合料 7

 8.3 再生级配骨料 9

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。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅提出并江苏省住房和城乡建设厅归口。

本文件起草单位：扬州大学、东南大学、扬州惠民再生资源有限公司、苏州交投规划设计建设管理有限公司、昆山乐建住房开发有限公司、南京环境集团有限公司、苏州科技大学、苏州交通工程试验检测中心有限公司、南京富源资源利用有限公司、江苏绿和环境资源有限公司、江苏省城市管理与行政执法学会。

本文件主要起草人：高建明、肖成会、康爱红、吴正光、赵亚松、周建光、石鹏程、宋旭艳、冒进、李婕、沙瑞媛、徐文剑、曾文超、张研究、寇长江、李波、沈镫武、顾永明、姚建明、魏荣亮、吴林、陈杰、杨英健、俞磊、黄飞、魏兆峰、蒋业浩、魏兆岭、黄芸、姜艳艳、夏明、费一鸣、王军、汪明亮、韩慧。

建筑垃圾再生骨料路面基层应用技术标准

1 范围

本标准规定了用于城镇道路路面基层中再生骨料的基本性能、水泥稳定再生混合料和再生级配骨料的配合比设计、施工和质量检验与验收要求。

本标准适用于城镇新建、改建、扩建的道路工程，包括机动车道、非机动车道、人行道、施工便道、广场的基层设计、施工和验收。

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 175 通用硅酸盐水泥
GB 5768 道路交通标志和标线
GB/T 25177 混凝土用再生粗骨料
CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范
JGJ 63 混凝土用水标准
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG E60 公路路基路面现场测试规程
JTG 3430 公路土工试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基层 base

直接位于沥青路面面层下的主要承重层或直接位于水泥混凝土面板下的结构层。基层可以是一层或两层，可以是一种或两种材料。

3.2

底基层 subbase

在沥青路面基层下铺筑的次要承重层或在水泥混凝土路面基层下铺筑的辅助层。底基层可以是一层或两层以上，可以是一种或两种材料。

3.3

再生骨料 recycled aggregates

由房屋建筑或市政基础设施工程中废弃的旧混凝土、砂浆、石、砖瓦或陶瓷等加工而成的粒料。

3.4

再生骨料路面基层 recycled aggregate base course

全部或部分采用建筑垃圾再生骨料作为骨料的路面基层。

3.5**再生级配骨料 recycled graded aggregates**

全部或部分使用了再生骨料的骨料，且其颗粒级配组成符合规定的要求。

3.6**水泥稳定再生混合料 cement stabilized recycled graded aggregates**

在再生级配骨料中，掺入适量的水泥和水，经拌和得到的混合料，经过压实和养生后的性能满足规定要求时，称其为水泥稳定再生混合料。

3.7**再生骨料掺量 recycled aggregate content**

再生级配骨料中再生骨料占总骨料的质量比。

3.8**杂物 impurities**

再生骨料中除混凝土、砂浆、石、砖瓦、陶瓷之外的其他物质。

3.9**加州承载比 California bearing ratio**

评定土基及路面材料承载能力的指标，用CBR表示，以材料抵抗局部荷载压入变形的能力来表征，并采用标准碎石为标准，以两者的相对比值的百分数表示CBR值。

3.10**变异系数 coefficient of variation**

概率分布离散程度的一个归一化量度，其定义为标准差与平均值之比，用 C_v 表示。

3.11**无侧限抗压强度 unconfined compressive strength**

在无侧向压力情况下，试样抵抗轴向压力的极限强度，单位MPa。

3.12**保证率系数 coefficient of assurance rate**

标准正态分布表中随保证率（试置信度 α ）而改变的系数，用 Z_α 表示。

4 基本规定

4.1 再生骨料使用前必须进行检测，各项指标符合本标准要求后，方可使用。

4.2 水泥稳定再生混合料施工宜在冬期开始前 15d 完成。

4.3 高填土路基与软土路基，应在沉降值符合设计规定且沉降稳定后，方可进行道路路面基层施工。

4.4 水泥稳定再生混合料应采用集中厂拌生产。

4.5 在雨季时，勿使水泥稳定再生混合料受雨淋湿。降雨时应停止施工。

4.6 路床顶面路基设计回弹模量值不小于 30MPa。

4.7 水泥稳定再生混合料施工时应严格控制碾压含水率，应在混合料处于含水率允许范围内进行碾压作业。

5 原材料**5.1 再生骨料**

5.1.1 再生骨料按技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类。Ⅰ类再生骨料可用于城镇道路主干路及以下道路的水泥稳定骨料基层，以及城市各等级道路路面的水泥稳定底基层。Ⅱ类再生骨料可用于城镇道路次干路、支路的级配骨料底基层。

5.1.2 Ⅰ类再生骨料主要由建筑垃圾中旧混凝土经过处理得到，并满足以下要求：

- a) 用于水泥稳定再生骨料级配应符合表 1，其中底基层再生骨料最大粒径不宜大于 37.5mm，基层再生骨料最大粒径不宜大于 31.5mm。

表 1 水泥稳定再生骨料的颗粒级配

项目		通过质量百分率（%）		检验方法
		底基层	基层	
筛孔尺寸（mm）	37.5	100	—	JTG E42
	31.5	—	100	
	26.5	—	90~100	
	19	—	72~89	
	9.5	—	47~67	
	4.75	50~100	29~49	
	2.36	—	17~35	
	1.18	—	—	
	0.6	17~100	8~22	
	0.075	0~30	0~7	

- b) Ⅰ类再生骨料的技术指标应符合表 2。

表 2 主要技术指标

项目	指标	检验方法
吸水率（%）	≤12	JTG E42
压碎指标（%）	≤30	JTG E42
针片状含量（%）	≤15	JTG E42
杂质含量（%）	≤0.5	GB/T 25177

5.1.3 Ⅱ类再生骨料是不满足Ⅰ类材料技术指标的再生骨料。

5.1.3.1 Ⅱ类再生骨料做城镇道路次干路、支路的级配骨料底基层时，级配中最大粒径宜小于 53mm。颗粒组成应符合表 3。

表 3 直接用作底基层时再生级配骨料的颗粒组成

通过质量百分率（%）		底基层	检验方法
筛孔尺寸（mm）	53	100	JTG E42

	37.5	85~100	
	31.5	69~88	
	19.0	40~65	
	9.5	19~43	
	4.75	10~30	
	2.36	8~25	
	0.60	6~18	
	0.075	0~10	
塑性指数（%）		<9	JTG 3430

5.1.3.2 II类再生骨料技术指标应符合表4。

表4 再生级配骨料的技术要求

项目	指标	检验方法
压碎指标（%）	≤35	JTG E42
针片状含量（%）	≤20	JTG E42
杂质含量（%）	≤1.0	GB/T 25177

5.2 天然骨料

5.2.1 天然骨料宜采用各种硬质岩石或砾石加工成的碎石，应清洁、干燥、无杂物，并有适当的颗粒级配。

5.2.2 天然骨料的技术要求应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

5.3 水泥

5.3.1 水泥强度等级应为42.5级及以上，其他性能指标应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

5.4 水

5.4.1 水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

6 配合比设计

6.1 水泥稳定再生混合料

6.1.1 水泥稳定再生混合料的组成设计应符合表5的压实度与强度要求。其骨料的级配、水泥掺量、混合料的最佳含水率和最大干密度应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 执行。

表5 水泥稳定再生混合料压实度及7d抗压强度

层位	压实度（%）		7d 无侧限抗压强度（MPa）	
	快速路、主干路	其他	快速路、主干路	其他

基层	≥98	≥97	3~4	2.5~3.5
底基层	≥97	≥96	≥2.0	≥1.5

6.1.2 水泥稳定再生混合料的组成设计步骤应符合下列规定：

- a) 试配时基层水泥掺量宜为 3.5%~6%，底基层水泥掺量宜为 3%~6%，在达到强度的前提下，宜采用最小水泥剂量；
- b) 应采用重型击实试验方法确定不同水泥掺量下的水泥稳定再生混合料的最佳含水率和最大干密度；
- c) 按规定的压实度计算不同水泥掺量试件的干密度；
- d) 制备水泥稳定再生混合料试件，试件尺寸 Φ150mm×150mm，试件数量不少于 9 个；
- e) 试件养护和抗压强度测定应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 执行；
- f) 抗压强度平均值 $\bar{R}$ 应满足下式 1，当试验结果的变异系数大于表 6 中规定值，应重做试验。

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_a C_v) \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 R_d ——设计抗压强度（MPa）；
 C_v ——试验结果的变异系数（%）；
 Z_a ——标准正态分布表中随保证率（置信度 α ）而改变的系数，城市快速路和城市主干路应取保证率 95%，即 $Z_a=1.645$ ；其他道路应取保证率 90%即 $Z_a=1.282$ 。

表 6 最少试件数量

变异系数（%）	10~15	15~20
试件数量（个）	9	13

6.2 再生级配骨料

6.2.1 用于城镇道路次干路、支路底基层的再生级配骨料CBR强度应不小于60。组成设计步骤应符合下列规定：

- a) 应以实际工程使用的材料为对象，根据推荐的级配范围和以往工程经验构造 3~4 条试验级配曲线，通过配合比试验，优化级配；
- b) 混合料配合比应采用重型击实或振动成型试验方法，确定最佳含水率和最大干密度；
- c) 应按试验确定的级配和最佳含水率，以及现场施工的压实标准成型标准试件，进行 CBR 强度试验和模量试验；
- d) 应选择 CBR 强度最高的级配作为工程使用的目标级配，并确定相应的最佳含水率。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 水泥稳定再生混合料与再生级配骨料的配合比应符合要求，计量准确。

7.1.2 安全防护应符合下列要求：

- a) 施工安全防护应包括施工操作安全、交通封闭（或疏导）组织安全和安全防护措施等方面的内容；
- b) 施工人员上岗前必须进行安全教育技术培训，进入施工现场必须穿戴具有反光功能的安全标志

服和防护帽，严禁违反交通规则；

- c) 施工现场应设置明显的安全标志，并采取有效的安全防护措施。施工现场应配备专业安全员进行监督，并负责交通疏导；
- d) 施工人员不得随意走出安全保护区，不得将施工机具和材料置于安全保护区外。施工作业车辆应配置警示标志、灯具，其他相关要求应符合《道路交通标志和标线》GB 5768 的规定。

7.1.3 其他要求应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

7.2 水泥稳定再生混合料

7.2.1 水泥稳定再生混合料的拌和应符合下列要求：

- a) 水泥稳定再生混合料拌和时应采用集中厂拌，拌和时宜采用连续式水稳拌和机进行拌和，拌和能力应与混合料摊铺能力相匹配；
- b) 水泥稳定再生混合料的含水量应符合施工要求。结合施工过程的天气条件和运距等因素，水泥稳定再生混合料拌和宜增加含水率，可高于最佳含水率 0.5%~1%；
- c) 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。

7.2.2 水泥稳定再生混合料的摊铺应符合下列要求：

- a) 不应在雨天施工；
- b) 施工前应通过试验确定松铺系数，推荐值为 1.20~1.35；
- c) 水泥稳定再生混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm；
- d) 水泥稳定再生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混合料用量；
- e) 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；
- f) 分层摊铺时，应在下层养护 7d 且强度、平整度等检测合格后，方可摊铺上层材料。

7.2.3 水泥稳定再生混合料的碾压应符合下列要求：

- a) 应在水泥稳定再生混合料不宜超过最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时，碾压时的含水率可比最佳含水率增加 0~0.5%；
- b) 宜采用 12t~18t 压路机进行初步稳定碾压，水泥稳定再生混合料初步稳定后用 18t 或以上规格的压路机碾压，压至表面平整、无明显轮迹，且达到要求的压实度；
- c) 碾压宜在水泥初凝前完成，碾压成型后的表面应平整，严禁漏压和产生轮迹；
- d) 当使用振动压路机时，应符合环境保护和周围建筑物及地下管线、构筑物的安全要求；
- e) 碾压中若出现过碾现象，应对过碾部位进行换填处理；
- f) 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。

7.2.4 水泥稳定再生混合料的接缝应符合下列要求：

- a) 摊铺时应保持连续施工。因故中断时间大于 2h 时，应设置横向接缝；
- b) 摊铺时宜避免纵向接缝，若存在纵向接缝，纵向接缝宜设在路中线处；
- c) 横向接缝和纵向接缝的处理方式应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 和《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

7.2.5 水泥稳定再生混合料的养护应符合下列要求：

- a) 碾压完成并经压实度检查合格后，应及时养护；
- b) 水泥稳定再生混合料养护可采取洒水养护、薄膜覆盖养护、土工布覆盖养护、铺设湿沙养护、草帘铺盖养护、洒乳化沥青养护等方式，应结合工程实际情况选择适宜的方式。养护方式的具体做法应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定；

- c) 养护期宜延长至上层结构开始施工的前 2d, 且不宜少于 7d;
- d) 养护期间应封闭交通, 除洒水车 and 小型通勤车辆外严禁其他车辆通行;
- e) 水泥稳定再生混合料基层过冬时应采取必要的保护措施。

7.2.6 根据结构层位的不同和施工工序的要求, 应择机进行层间处理。水泥稳定再生混合料层间处理方式应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定, 在上层施工前 1h~2h, 宜撒布水泥或洒水泥净浆。

7.3 再生级配骨料

7.3.1 再生级配骨料拌和时宜采用集中厂拌。

7.3.2 再生级配骨料的摊铺应符合下列要求:

- a) 不应在雨天施工;
- b) 压实系数应通过试验段确定, 人工摊铺宜为 1.40~1.50; 机械摊铺宜为 1.25~1.35;
- c) 用平地机或其他合适的机具将材料均匀摊铺在预定宽度, 表面应平整;
- d) 采用不同粒级的再生骨料时, 宜将大粒径颗粒铺在下层, 中粒径铺在中层, 小粒径颗粒铺在上层, 洒水湿润之后, 再摊铺石屑;
- e) 对于未筛分再生骨料, 摊铺平整后, 应在潮湿情况下, 将石屑用平地机并辅以人工协助均匀摊铺在再生骨料层上;
- f) 摊铺再生级配骨料应按虚厚一次铺砌, 不宜多次找补;
- g) 已摊铺的再生骨料, 碾压前应断绝交通, 保持摊铺面清洁。

7.3.3 再生级配骨料的碾压应符合下列要求:

- a) 碾压前和碾压中应适量洒水;
- b) 用平地机按规定的路拱整平和整形。整形过程中, 应消除粗细集料离析;
- c) 用拖拉机、平地机或轮胎压路机在初平的路段快速碾压一次, 再用平地机整平与整形;
- d) 碾压中若出现过碾现象, 应对过碾部位进行换填处理;
- e) 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。

7.3.4 再生级配骨料的接缝应符合下列要求:

- a) 前一段整形后, 留 5m~8m 不碾压;
- b) 作业段的衔接处应搭接拌和、整平和碾压;
- c) 宜避免纵向接缝。分两幅施工时, 纵缝应搭接拌和、整平和碾压

8 质量检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 再生骨料路面基层质量验收应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。

8.1.2 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收。

8.2 水泥稳定再生混合料基层质量检验

主控项目

8.2.1 原材料质量检验应符合下列要求:

- a) 水泥、天然骨料和再生骨料的颗粒级配应符合本标准第 5 章的规定;
- b) 水泥用量和矿料级配应按试验确定的配合比进行;
- c) 检查数量: 骨料按同来源、同级配 600t 为一个检验批进行分批抽查; 水泥按不同材料进场批

- 次，每批抽查 1 次；
- d) 检验方法：查验质量证明文件、复验报告。
- 8.2.2 水泥稳定再生混合料基层、底基层压实度应符合设计要求。
- a) 检查数量：每 1000m²，每压实层抽查 1 点；
- b) 检验方法：灌砂法。
- 8.2.3 水泥稳定再生混合料基层、底基层 7d 无侧限抗压强度应符合设计要求。
- a) 检查数量：每 2000 m² 抽检 1 组；
- b) 检验方法：现场取样试验。
- 8.2.4 水泥稳定再生混合料基层和底基层顶面代表弯沉值应符合设计要求。
- a) 检查数量：每车道、每 20m 测一点；
- b) 检验方法：贝克曼梁或自动弯沉仪检测。
- 8.2.5 水泥稳定再生混合料基层及底基层主控项目的偏差应符合表 7 的规定。

表 7 水泥稳定再生混合料基层及底基层主控项目允许偏差

项目			允许偏差	检验频率		检验方法
				范围	点/次	
弯沉			≤设计规定	20m	1	弯沉仪
压实度 (%)	快速路	基层	≥98	1000m ²	1	灌砂法
		底基层	≥97			
	其他等级道路	基层	≥97	1000 m ²	1	灌砂法
		底基层	≥96			
	人行道	基层	≥90	1000 m ²	1	灌砂法

一般项目

- 8.2.6 水泥稳定再生混合料基层及底基层表面应平整、坚实，接缝平顺，无明显轮迹，不得有浮灰，无明显粗、细骨料集中现象，无推移、裂缝、贴皮、松散、浮料。
- a) 检查数量：全部；
- b) 检验方法：观察。
- 8.2.7 水泥稳定再生混合料基层及底基层一般项目的偏差应符合表 8 的规定。

表 8 水泥稳定再生混合料基层及底基层一般项目允许偏差

项目		允许偏差	检验频率		检验方法
			范围	点/次	
中线偏位		≤20mm	100m	1	全站仪
纵断面高程	基层	±15mm	20m	1	水准仪
	底基层	±20mm			
平整度	基层	≤10mm	20m	路宽<9m	3m 直尺(量两尺,取较

	底基层	$\leq 15\text{mm}$		路宽 9m~15m	2	大值)
				路宽 $> 15\text{m}$	3	
	人行道	$\leq 15\text{mm}$	30m		1	3m 直尺
宽度		$\geq$ 设计规定	40m		1	钢尺
横坡	行车道	$\pm 0.3\%$ 且不反坡	20m	路宽 $< 9\text{m}$	2	水准仪
				路宽 9m~15m	4	
				路宽 $> 15\text{m}$	6	
	人行道		30m		1	水准仪
厚度	行车道	$\pm 10\text{mm}$	1000 m ²		1	钢尺
	人行道	$\pm 15\text{mm}$	100m		1	钢尺或钻孔

8.3 再生级配骨料质量检验

主控项目

8.3.1 原材料质量及级配，按本标准中有关规定。

- 检查数量：依据进场批次，每批次抽检不应少于 1 次；
- 检验方法：审阅检验报告。

8.3.2 再生级配骨料底基层压实度应符合设计要求。

- 检查数量：每 1000 m²抽检 1 点。
- 检验方法：灌砂法或灌水法。

8.3.3 再生级配骨料底基层弯沉值应符合设计要求。

- 检查数量：每车道、每 20m 测一点。
- 检验方法：弯沉仪检测。

8.3.4 再生级配骨料底基层主控项目应符合表 9 的规定。

表 9 再生级配骨料底基层主控项目允许偏差

项目	允许偏差	检验频率		检验方法
		范围	点/次	
压实度 (%)	$\geq 97\%$	1000m ²	1	灌砂法、灌水法
弯沉	$\leq$ 设计规范	20m	1	弯沉仪

一般项目

8.3.5 外观质量要求。

- 表面应平整、坚实，无推移、松散、裂缝、浮石现象；
- 检验数量：全部；
- 检验方法：观察。

8.3.6 再生级配骨料底基层一般项目应符合表 10 的规定。

表 10 再生级配骨料底基层一般项目允许偏差

项目	允许偏差	检验频率		检验方法
		范围	点/次	
中线偏位	$\leq 20\text{mm}$	100m	1	全站仪
纵断面高程	$\pm 20\text{mm}$	20m	1	水准仪
平整度	$\leq 15\text{mm}$	20m	路宽 9m~15m	3m 直尺（量两尺，取较大值）
			路宽 $> 15\text{m}$	
宽度	$\geq$ 设计规定	40m	1	钢尺
横坡	$\pm 0.3\%$ 且不反坡	20m	路宽 $< 9\text{m}$	水准仪
			路宽 9m~15m	
			路宽 $> 15\text{m}$	
厚度	+20mm -10mm	1000 m ²	1	钢尺