

ICS 93.080

P 51

备案号：72739-2020

# DB11

## 北京市地方标准

DB11/T 1731—2020

---

### 公路用建筑垃圾再生材料施工与验收规范

Construction and acceptance specifications of construction waste recycled materials for highway

2020-06-30 发布

2020-10-01 实施

---

北京市市场监督管理局 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 再生集料.....	2
4.1 分类.....	2
4.2 技术要求.....	2
4.3 材料分档与掺配.....	4
5 水泥稳定再生集料混合料.....	5
5.1 原材料.....	5
5.2 配合比设计.....	6
5.3 施工要求.....	7
5.4 质量管理与验收.....	9
6 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料.....	10
6.1 原材料.....	10
6.2 配合比设计.....	10
6.3 施工要求.....	12
6.4 质量管理与验收.....	13
7 路基用再生材料.....	14
7.1 原材料.....	14
7.2 施工要求.....	15
7.3 质量管理和验收.....	18
附录 A（规范性附录） 杂物含量及混凝土粒料含量试验方法 .....	20
附录 B（规范性附录） 轻质杂物含量试验方法 .....	22
附录 C（规范性附录） 路基用再生材料的最大干密度及压实度确定方法.....	23



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1 的规定起草。

本文件由北京市交通委员会提出并归口。

本文件由北京市交通委员会组织实施。

本文件主要起草单位：北京市道路工程质量监督站、北京工业大学、北京建筑大学、北京城建华晟交通建设有限公司、首钢环境产业有限公司、北京都市绿源环保科技有限公司、北京市首发高速公路建设管理有限责任公司、北京建工资源循环利用投资有限公司、北京国道通设计院有限公司。

本文件主要起草人：周绪利、薛忠军、李兴海、吴野、张金喜、王佳妮、孙波、杨玉杰、常金波、马刚平、何强、曾波、张涛、葛慧娟、张奥、余沈鑫、于海臣、梁勇、李岩凌、李亮辉、季节、刘慧慧、池帅、王福晋、高海辰、王建刚、李昱秀、刘鹏、高勇。



# 公路用建筑垃圾再生材料施工与验收规范

## 1 范围

本文件规定了公路用建筑垃圾再生集料、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以及路基用再生材料的技术要求。

本文件适用于各等级公路新建、改建、养护工程。

## 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 D50—2017 公路沥青路面设计规范  
JTG E40 公路土工试验规程  
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 F10 公路路基施工技术规范  
JTG/T F20 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

## 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

建设单位、施工单位新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等，以及居民装饰装修房屋过程中产生的弃土、弃料和其他固体废物。

### 3.2

**再生集料** recycled aggregate

建筑垃圾经过分选、除杂、破碎、筛分等工艺加工成的不同粒径集料。

### 3.3

**冗余土** redundant soil

建筑垃圾资源化处置过程中，再生集料破碎筛分前，经除土系统处置后，分选出小于规定粒径的材料。

### 3.4

**混凝土粒料含量** content of concrete and rock

再生集料中，粒径 4.75mm 以上部分混凝土块及石块类材料占总体质量的百分比。

### 3.5

**混凝土类再生集料** concrete recycled aggregate

混凝土粒料含量不小于 90%的再生集料。

### 3.6

**砖瓦类再生集料** brick and tile recycled aggregate

混凝土粒料含量小于 90%的再生集料。

### 3.7

**杂物** impurities

砖、石、砂浆和混凝土块之外不能加工成再生集料的物质（如金属、玻璃、陶瓷、石灰、石膏、煤块、炉渣、沥青、塑料、布片、木块、树枝和纸张等）。

### 3.8

**轻质杂物** lightweight impurities

杂物中密度小于  $1\text{g/cm}^3$  的杂质材料（如塑料、布片、木块、树枝和纸张等）。

### 3.9

**天然集料** natural aggregate

天然石材经破碎、筛分等工艺加工而成的不同粒径集料。

### 3.10

**再生集料无机混合料** recycled aggregate inorganic mixture

由一定比例的再生集料和天然集料配合设计的无机混合料，包括水泥稳定再生集料混合料和石灰粉煤灰稳定再生集料混合料。

## 4 再生集料

### 4.1 分类

4.1.1 建筑垃圾经分选、除杂、破碎、筛分等处理，分为再生集料和冗余土。

4.1.2 再生集料根据混凝土粒料含量，分为混凝土类再生集料和砖瓦类再生集料。

4.1.3 再生集料按粒径，分为再生粗集料与再生细集料，粒径大于 4.75mm 的再生集料称为再生粗集料，粒径不大于 4.75mm 的再生集料称为再生细集料。

### 4.2 技术要求

#### 4.2.1 再生粗集料

4.2.1.1 再生粗集料分级标准应符合表 1 的规定。



表 1 再生粗集料分级标准

项目	混凝土类		砖瓦类	
	混凝土 I 类	混凝土 II 类	砖瓦 I 类	砖瓦 II 类
压碎值 (%)	≤26	≤30	≤35	≤40
杂物含量 (%)	≤0.5		≤1.0	
轻质杂物含量 (%)	≤0.3		≤0.5	
针片状含量 (%)	≤20			
混凝土粒料含量 (%)	≥90		<90	

4.2.1.2 再生粗集料颗粒组成应符合表 2 的规定。

表 2 再生粗集料颗粒组成范围

规格名称	公称粒径 (mm)	通过以下筛孔 (mm) 百分率 (%)								
		53	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36
ZG1	19~37.5	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	—	—
ZG2	19~31.5	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—
ZG3	19~26.5	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	—
ZG4	9.5~31.5	—	100	90~100	—	—	—	0~10	0~5	—
ZG5	9.5~26.5	—	—	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—
ZG6	9.5~19	—	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—
ZG7	4.75~9.5	—	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5

4.2.1.3 再生粗集料技术指标应符合表 3 的规定。

表 3 再生粗集料技术要求

项目	使用层位	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	二级及二级以下公路	试验方法
杂物含量 (%)	基层	≤0.5	≤1.0	附录 A
	底基层			
混凝土粒料含量 (%)	基层	≥90	<90	
	底基层			
轻质杂物含量 (%)	基层	≤0.1	≤0.3	附录 B
	底基层			
压碎值 (%)	基层	≤26	≤35	JTG E42 (T0316)
	底基层	≤30	≤40	

表 3 再生粗集料技术要求 (续)

项目	使用层位	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	二级及二级以下公路	试验方法
针片状颗粒含量 (%)	基层	≤18	≤20	JTG E42 (T0312)
	底基层	≤20		
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	基层	≤2	—	JTG E42 (T0310)
	底基层	—	—	

## 4.2.2 再生细集料

4.2.2.1 再生细集料颗粒组成应符合表 4 的规定。

表 4 再生细集料颗粒组成范围

规格名称	公称粒径 (mm)	通过筛孔的质量百分率 (%)				
		9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
ZXG1	0~4.75	100	90~100	—	—	0~20

4.2.2.2 再生细集料各项技术指标应符合表 5 的规定。

表 5 再生细集料技术要求

项目	水泥稳定	石灰粉煤灰稳定	试验方法
砂当量 (%)	≥40		JTG E42 (T0334)
有机质含量 (%)	<2	≤10	JTG E42 (T0151)
0.075mm 以下材料的塑性指数	≤17	12~20	JTG E40 (T0118)

4.2.2.3 高速公路和一级公路, 细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 15%; 二级及二级以下公路, 细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 20%。

## 4.3 材料分档与掺配

## 4.3.1 材料分档

4.3.1.1 再生集料混合料的集料分档应符合表 6 的规定。

表 6 材料分档要求

层位	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	二级及二级以下公路
基层	≥4	≥3 <sup>a</sup>
底基层	≥3 <sup>a</sup>	

<sup>a</sup> 对于一般工程应不少于 3 档备料, 对极重、特重交通荷载等级且强度要求较高时, 应不少于 4 档备料。

## 4.3.2 材料掺配

公称最大粒径为 19mm、26.5mm 和 31.5mm 的建筑垃圾再生集料混合料备料规格宜符合表 7 规定，备料应同时考虑再生集料掺量范围。

表 7 不同粒径混合料的备料规格

混合料类型	公称最大粒径 (mm)	分档数量	一档	二档	三档	四档
A 类	19	三档	ZXG1	ZG7	ZG6	—
B 类		三档	ZXG1	ZG7	天然集料	—
C 类		三档	ZXG1	天然集料	天然集料	—
D 类	26.5	三档	ZXG1	ZG7	ZG5	—
E 类		三档	ZXG1	ZG7	天然集料	—
F 类		三档	ZXG1	天然集料	天然集料	—
G 类		四档	ZXG1	ZG7	ZG6	ZG3
H 类		四档	ZXG1	ZG7	ZG6	天然集料
I 类		四档	ZXG1	ZG7	天然集料	天然集料
J 类		四档	ZXG1	天然集料	天然集料	天然集料
K 类	31.5	三档	ZXG1	ZG7	ZG4	—
L 类		三档	ZXG1	ZG7	天然集料	—
M 类		三档	ZXG1	天然集料	天然集料	—
N 类		四档	ZXG1	ZG7	ZG6	ZG2
O 类		四档	ZXG1	ZG7	ZG6	天然集料
P 类		四档	ZXG1	ZG7	天然集料	天然集料
Q 类		四档	ZXG1	天然集料	天然集料	天然集料

## 5 水泥稳定再生集料混合料

### 5.1 原材料

#### 5.1.1 一般规定

5.1.1.1 水泥稳定再生集料混合料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四个部分。

5.1.1.2 再生集料的技术指标应满足本文件表 3 和表 5 的要求。

5.1.1.3 再生集料最大公称粒径应不大于 31.5mm。

5.1.1.4 再生集料运至现场后应抽样检验，合格后方可进场。

5.1.1.5 建筑垃圾再生集料应根据规格和类别单独堆放。

5.1.1.6 水泥、天然集料和水等其他原材料质量应符合 JTG/T F20 的规定。

#### 5.1.2 再生粗集料

5.1.2.1 再生粗集料规格应符合表 2 的规定。

5.1.2.2 再生粗集料质量应符合表 3 的规定。

### 5.1.3 再生细集料

5.1.3.1 再生细集料规格应符合表 4 的规定。

5.1.3.2 再生细集料质量应符合表 5 的规定。

## 5.2 配合比设计

### 5.2.1 一般规定

5.2.1.1 水泥稳定再生集料混合料的最大干密度和最佳含水率宜采用 JTG E51 中的重型击实方法确定。

5.2.1.2 水泥稳定再生集料混合料的集料分档要求应符合表 6 的规定。

5.2.1.3 公称最大粒径为 19mm、26.5mm 和 31.5mm 的水泥稳定再生集料混合料的备料规格宜符合表 7 的规定。

5.2.1.4 水泥稳定再生集料混合料配合比设计其他内容应符合 JTG/T F20 有关要求。

### 5.2.2 混合料组成设计

5.2.2.1 水泥稳定再生集料混合料的再生集料掺量应符合表 8 的规定。

表 8 水泥稳定再生集料混合料的再生集料掺量技术要求

结构层	公路等级	再生集料掺量 (%)
基 层	高速公路和一级公路（重、中、轻交通）	10~30
	二级公路及二级以下公路	30~60
底基层	高速公路和一级公路（重、中、轻交通）	30~50
	二级公路及二级以下公路	60~100

5.2.2.2 水泥稳定再生集料混合料的级配应符合表 9 的规定。

表 9 水泥稳定再生集料混合料的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通) (%)	二级公路及二级以下公路 (%)
37.5	—	100
31.5	100	90~100
26.5	91~95	81~94
19	76~85	67~83
13.2	62~75	54~73
9.5	51~65	45~64
4.75	35~45	30~50

表 9 水泥稳定再生集料混合料的推荐级配范围（续）

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通) (%)	二级公路及二级以下公路 (%)
2.36	22~31	19~36
1.18	13~22	12~26
0.6	8~15	8~19
0.3	5~10	5~14
0.15	3~7	3~10
0.075	2~5	2~7

5.2.2.3 水泥稳定再生集料混合料性能应符合表 10 的规定。

表 10 水泥稳定再生集料混合料的材料性能技术要求

性能要求		高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)		二级公路及二级以下公路		试验方法
		基层	底基层	基层	底基层	
7d 无侧限抗压强度 $R_d$ (MPa)	重交通	4~6	2.5~4.5	3~5	2~4	JTG E51(T0805)
	中、轻交通	3~5	2~4	2~4	1~3	
28 天龄期 5 次冻融循环 BDR (%)		$\geq 70$				JTG E51(T0858)
弹性模量 (MPa)		18000~28000	14000~20000	18000~28000	14000~20000	JTG D50—2017 附录 E

5.2.2.4 水泥稳定再生集料混合料压实度应符合表 11 的规定。

表 11 水泥稳定再生集料混合料压实度技术要求

结构层	公路等级	压实度 (%)
基 层	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	$\geq 98$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 97$
底基层	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	$\geq 97$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 95$

### 5.3 施工要求

#### 5.3.1 一般规定

5.3.1.1 施工前，应将下承层表面清理干净，并对下承层进行检查验收，所检指标应符合 JTG F80/1 的要求。

5.3.1.2 水泥稳定再生集料混合料基层的施工工艺除本文件特殊要求外，其他工艺还应满足 JTG/T F20 中水泥稳定碎石混合料基层施工工艺要求。

5.3.1.3 正式开工之前，应按全断面宽度铺筑不小于 200m 的试验段，确定施工工艺和质量控制要求。

5.3.1.4 水泥稳定再生集料混合料层宽 11m~12m 时，每一流水作业段长度以 500m 为宜。

5.3.1.5 水泥稳定再生基层与沥青面层之间宜设置粘结层。

### 5.3.2 拌和

5.3.2.1 拌和设备应根据备料档数配备料仓，再生集料宜单独配备不少于 2 个料仓。

5.3.2.2 料仓应安装称重设备，其精度应达到 $\pm 0.5\%$ 。

5.3.2.3 拌和设备的生产能力宜大于 500t/h。

### 5.3.3 运输

5.3.3.1 每天开工前，运输车辆应完好，车厢应清洗干净。

5.3.3.2 装车时，运输车辆应前后移动，按“品”字形分多次装料。

5.3.3.3 水泥稳定再生集料混合料应覆盖运输。

5.3.3.4 水泥稳定再生集料混合料出厂时应在过磅单上注明出厂时间，从装车出厂（发料）到运输至工地摊铺（收料），应采用水泥的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间。超时的水泥稳定再生集料混合料应报废。

### 5.3.4 摊铺

5.3.4.1 摊铺速度宜控制在 1.0m/min~1.5m/min，防止运输车辆碰撞摊铺机。

5.3.4.2 螺旋分料器应匀速不间断地旋转送料，且全部埋入混合料中。

5.3.4.3 螺旋分料器转速应与摊铺速度相适应，两侧边缘料位应充足。

5.3.4.4 摊铺机必须开启振动器和夯锤，初始压实度不小于 85%。

### 5.3.5 碾压

水泥稳定再生集料混合料碾压宜按照表 12 进行，每遍重叠 1/2 轮宽。碾压作业结束前，如有局部晒干和风干迹象，影响压实时应及时采用喷雾形式补水。

表 12 基层碾压技术要求

阶段	压路机型号	数量	碾压速度 (m/min)	碾压方式	碾压遍数
初压	11t 以上双钢轮	不少于 2 台	25~27	前静后振	1~2
复压	20t 以上钢轮压路机	不少于 3 台	30~37	先弱振 1 遍、强振 4 遍、后弱振 1 遍	不少于 6
终压	26t 以上胶轮压路机或 钢轮压路机	不少于 1 台	25~27	静压	1~2

### 5.3.6 养生

5.3.6.1 碾压完毕且平整度、压实度、厚度等检查合格后，表面应即刻覆盖透水无纺土工布并洒水养生。土工布之间搭接不小于 50cm，两侧下搭不小于 50cm。

5.3.6.2 养生期宜不少于 7d，养生期宜延长至上层结构开始施工的前 2d，钻取完整芯样后可进行下一道工序。

5.3.6.3 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。

## 5.4 质量管理与验收

### 5.4.1 一般规定

5.4.1.1 施工质量管理与验收应包括原材料检验、水泥稳定再生集料混合料检验、施工过程中的质量检查验收等方面。

5.4.1.2 施工前应检查再生集料、水泥稳定再生集料混合料的生产合格证和试验报告。再生集料每 1 批提供 1 份生产合格证和试验报告，1000t 为一批；水泥稳定再生集料混合料每工作日提供 1 份生产合格证和试验报告。

### 5.4.2 材料检验

各种材料应在施工前以批为单位进行检查，不符合本规范要求材料不得进场。对再生集料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一批，再生集料以每 5000t 为一批，不足 5000t 亦为一批。再生集料的检测项目和要求按表 13 执行。

表 13 再生集料质量检测项目和要求

名称	试验项目	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	符合表 3 的要求	附录 A
	混凝土粒料含量			
	轻质杂物含量			附录 B
	压碎值			JTG E42 (T0316)
	针片状含量			JTG E42 (T0312)
再生细集料	砂当量	每批 1 次	符合表 5 的要求	JTG E42 (T0334)
	0.075mm 以下材料的塑性指数			JTG E40 (T0118)
	有机质含量			JTG E42 (T0151)

### 5.4.3 施工过程质量控制

5.4.3.1 施工过程中水泥稳定再生集料混合料的质量检验应按表 14 进行。

表 14 水泥稳定再生集料混合料质量检测项目和要求

名称	试验项目	检测频率	质量要求	试验方法
水泥稳定再生集料混合料	级配	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次；异常时，随时检测。	符合表 9 的要求	JTG E42 (T0302)

表 14 水泥稳定再生集料混合料质量检测项目和要求（续）

名称	试验项目	检测频率	质量要求	试验方法
水泥稳定再生集料混合料	含水率	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次；异常时，随时检测。	最佳含水率+0.5%~1%	JTG E51（T0801）
	水泥剂量	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次	符合 JTG/T F20 相关要求	JTG E51（T0809）
	拌合均匀性	随时检测。	色泽均匀，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 2000m <sup>2</sup> 测一组，每组 9~13 个试件。	符合表 10 的要求	JTG E51（T0805）
	压实度	每作业段或每 2000m <sup>2</sup> 测 6 次以上。	符合表 11 的要求	JTG E60（T0921）

5.4.3.2 外形尺寸检查项目、频率和质量标准应符合 JTG/T F20 的要求。

#### 5.4.4 交工验收

水泥稳定再生集料混合料基层和底基层应按照 JTG F80/1 中的要求进行质量检验评定。

## 6 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料

### 6.1 原材料

#### 6.1.1 一般规定

6.1.1.1 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四个部分。

6.1.1.2 再生集料的技术指标应满足本文件表 3 和表 5 的要求。

6.1.1.3 再生集料最大公称粒径应不大于 31.5mm。

6.1.1.4 再生集料运至现场后应抽样检验，合格后方可进场。

6.1.1.5 建筑垃圾再生集料应根据规格和类别单独堆放。

6.1.1.6 石灰、粉煤灰、天然集料和水等其他原材料质量应符合 JTG/T F20 的规定。

#### 6.1.2 再生粗集料

6.1.2.1 再生粗集料规格应符合表 2 的规定。

6.1.2.2 再生粗集料质量应符合表 3 的规定。

#### 6.1.3 再生细集料

6.1.3.1 再生细集料规格应符合表 4 的规定。

6.1.3.2 再生细集料质量应符合表 5 的规定。

### 6.2 配合比设计

#### 6.2.1 一般规定

6.2.1.1 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的最大干密度和最佳含水率宜采用 JTG E51 中的重型击实方法确定。

6.2.1.2 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料中石灰与粉煤灰的比例为 1:2~1:4，石灰粉煤灰与集料的比例为 15:85~20:80。



6.2.1.3 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的集料分档要求应符合表 6 的规定。

6.2.1.4 公称最大粒径为 19mm、26.5mm 和 31.5mm 的石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的备料规格应符合表 7 的规定。

6.2.1.5 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料配合比设计其他内容应符合 JTG/T F20 有关要求。

## 6.2.2 混合料组成设计

6.2.2.1 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的再生集料掺量应符合表 15 的规定。

表 15 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的再生集料掺量技术要求

结构层	公路等级	再生集料掺量 (%)
基 层	高速公路和一级公路（重、中、轻交通）	10~30
	二级公路及二级以下公路	30~60
底基层	高速公路和一级公路（重、中、轻交通）	30~50
	二级公路及二级以下公路	60~100

6.2.2.2 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的级配应符合表 16 的规定。

表 16 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的推荐级配

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通) (%)	二级公路及二级以下公路 (%)
37.5	—	100
31.5	100	90~100
26.5	91~95	81~94
19	76~85	67~83
13.2	62~75	54~73
9.5	51~65	45~64
4.75	35~45	30~50
2.36	22~31	19~36
1.18	13~22	12~26
0.6	8~15	8~19
0.3	5~10	—
0.15	3~7	—
0.075	2~5	2~7

6.2.2.3 石灰粉煤灰再生集料混合料的材料性能应符合表 17 的规定。

表 17 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的材料性能技术要求

性能要求		高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)		二级公路及二级以下公路		试验方法
		基层	底基层	基层	底基层	
7d 无侧限抗压强度 $R_d$ (MPa)	重交通	$\geq 1.0$	$\geq 0.75$	$\geq 0.8$	$\geq 0.6$	JTG E51 (T0805)
	中、轻交通	$\geq 0.9$	$\geq 0.6$	$\geq 0.7$	$\geq 0.5$	
28 天龄期 5 次冻融循环 BDR (%)		$\geq 70$				JTG E51 (T0858)
弹性模量 (MPa)		18000~28000	14000~20000	18000~28000	14000~20000	JTG D50 — 2017 附录 E

6.2.2.4 石灰粉煤灰再生集料混合料的压实度应符合表 18 的规定。

表 18 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的压实度技术要求

结构层	公路等级	压实度 (%)
基 层	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	$\geq 98$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 97$
底基层	高速公路和一级公路 (重、中、轻交通)	$\geq 97$
	二级公路及二级以下公路	$\geq 95$

### 6.3 施工要求

#### 6.3.1 一般规定

6.3.1.1 施工前, 应将下承层表面清理干净, 并对下承层进行检查验收, 所检指标应符合 JTG F80/1 的要求。

6.3.1.2 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料基层的施工工艺除本文件特殊要求外, 其他工艺还应满足 JTG/T F20 中石灰粉煤灰稳定碎石混合料基层施工工艺要求。

6.3.1.3 正式开工之前, 应按全断面宽度铺筑不小于 200m 的试验段, 确定施工工艺和质量控制要求。

6.3.1.4 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料层宽 11m~12m 时, 每一流水作业段长度以 500m 为宜。

6.3.1.5 石灰粉煤灰稳定再生基层与沥青面层之间宜设置粘结层。

#### 6.3.2 拌和

6.3.2.1 拌和设备应根据备料档数配备料仓, 再生集料宜单独配备不少于 2 个料仓。

6.3.2.2 料仓应安装称重设备, 其精度应达到 $\pm 0.5\%$ 。

6.3.2.3 拌和设备的生产能力宜大于 500t/h。

#### 6.3.3 运输

6.3.3.1 每天开工前, 运输车辆应完好, 车厢应清洗干净。

6.3.3.2 装车时, 运输车辆应前后移动, 按“品”字形分多次装料。

6.3.3.3 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料应覆盖运输。

#### 6.3.4 摊铺

6.3.4.1 摊铺速度宜控制在 1.0m/min~1.5m/min, 防止运输车辆碰撞摊铺机。

- 6.3.4.2 螺旋分料器应匀速不间断地旋转送料，且全部埋入混合料中。
- 6.3.4.3 螺旋分料器转速应与摊铺速度相适应，两侧边缘料位应充足。
- 6.3.4.4 摊铺机必须开启振动器和夯锤，确保初始压实度不小于 85%。

### 6.3.5 碾压

石灰粉煤灰稳定再生集料混合料碾压宜按照表 19 进行，每遍重叠 1/2 轮宽。碾压作业结束前，如有局部晒干和风干迹象，影响压实时应及时采用喷雾形式补水。

表 19 基层碾压技术要求

阶段	压路机型号	数量	碾压速度 (m/min)	碾压方式	碾压遍数
初压	11t 以上双钢轮	不少于 2 台	25~27	前静后振	1~2
复压	20t 以上钢轮压路机	不少于 3 台	30~37	先弱振 1 遍、强振 4 遍、后弱振 1 遍	不少于 6
终压	26t 以上胶轮压路机	不少于 1 台	25~27	静压	1~2

### 6.3.6 养生

- 6.3.6.1 碾压完毕且平整度、压实度、厚度等检查合格后，表面应即刻覆盖透水无纺土工布并洒水养生。土工布之间搭接不小于 50cm，两侧下搭不小于 50cm。
- 6.3.6.2 养生期宜不少于 7d，养生期宜延长至上层结构开始施工的前 2d，钻取完整芯样后可进行下一道工序。
- 6.3.6.3 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。

## 6.4 质量管理与验收

### 6.4.1 一般规定

- 6.4.1.1 施工质量管理与验收应包括原材料检验、石灰粉煤灰稳定再生集料混合料检验、施工过程中的质量检查验收等方面。
- 6.4.1.2 施工前应检查再生集料、石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的生产合格证和试验报告。再生集料每 1 批提供 1 份生产合格证和试验报告，1000t 为一批；石灰粉煤灰稳定再生集料混合料每工作日提供 1 份生产合格证和试验报告。

### 6.4.2 材料检验

各种材料应在施工前以批为单位进行检查，不符合本规范要求材料不得进场。对再生集料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一批，再生集料以每 5000t 为一批，不足 5000t 亦为一批。再生集料的检测项目和要求按表 20 执行。

表 20 再生集料质量检测项目和要求

名称	试验项目	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	符合表 3 的要求	附录 A
	混凝土粒料含量			

表 20 再生集料质量检测项目和要求（续）

名称	试验项目	检测频率	质量要求	试验方法	
再生粗集料	轻质杂物含量			附录 B	
	压碎值			JTG E42 (T0316)	
	针片状含量			JTG E42 (T0312)	
再生细集料	砂当量			符合表 5 的要求	JTG E42 (T0334)
	0.075mm 以下材料的塑性指数			JTG E40 (T0118)	
	有机质含量			JTG E42 (T0151)	

#### 6.4.3 施工过程质量控制

6.4.3.1 施工过程中石灰粉煤灰稳定再生集料混合料的质量检验应按表 21 进行。

表 21 石灰粉煤灰稳定再生集料混合料质量检测项目和要求

名称	试验项目	检测频率	质量要求	试验方法
石灰粉煤灰稳定再生集料混合料	级配	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次；异常时，随时检测。	符合表 16 的要求	JTG E42 (T0302)
	含水率	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次；异常时，随时检测。	最佳含水率+0.5%~1%	JTG E51 (T0801)
	石灰剂量	每一作业段或不超过 2000m <sup>2</sup> 检查 1 次	符合 JTG/T F20 相关要求	JTG E51 (T0809)
	拌合均匀性	随时检测。	色泽均匀，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 2000m <sup>2</sup> 测一组 9 个~13 个试件。	符合表 17 的要求	JTG E51 (T0805)
	压实度	每作业段或每 2000m <sup>2</sup> 测 6 次以上。	符合表 18 的要求	JTG E60 (T0921)

6.4.3.2 外形尺寸检查项目、频率和质量标准应符合 JTG/T F20 的要求。

#### 6.4.4 交工验收

石灰粉煤灰稳定再生集料混合料基层和底基层应按照 JTG F80/1 中的要求进行质量检验评定。

### 7 路基用再生材料

#### 7.1 原材料

7.1.1 再生材料在使用前应抽样检测，检测合格可使用。

7.1.2 施工现场相同料源、规格的再生材料作为同一批次材料检测和储存。不同批次的再生材料应分别取样检测。

7.1.3 根据建筑垃圾的粒径和成分进行破碎、分选、剔除，进行级配优化处理，除去生活垃圾、金属材料、木质材料、草皮、腐殖质等杂物。

7.1.4 除建筑垃圾加工设备自带的除尘设备外，建筑垃圾加工过程中宜采取布袋除尘、传送带封闭、建筑垃圾原材料和加工成品料装卸洒水措施。

7.1.5 加工后的建筑垃圾填料应按照梯形堆放，每层的堆放高度不宜超过 5m。不同类型的建筑垃圾填料应分开堆放，并安放标识牌予以说明。

7.1.6 路基用再生材料技术指标应符合表 22 的规定。

表 22 路基用再生材料技术要求

项目	技术要求		检测频率	试验方法
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路		
含水率 (%)	实测值		次/10000m <sup>3</sup>	JTG E40 (T0103)
轻质杂物含量 (%)	≤0.3	≤0.5		附录 B
不均匀系数	≥5			JTG E40 (T0115)
有机质含量 (%)	≤5.0		次/50000m <sup>3</sup>	JTG E40 (T 0151)
易溶盐含量 (%)	≤0.3			JTG E40 (T0153)

7.1.7 路基用再生材料级配应符合表 23 的规定。

表 23 路基用再生材料级配要求

结构层	4.75mm 以上颗粒含量 (%)	0.075mm 以上颗粒含量 (%)
路床	50~70	90~100
路堤	40~60	90~100

## 7.2 施工要求

### 7.2.1 一般规定

7.2.1.1 路基填筑应采用机械化施工。

7.2.1.2 路基施工过程中应人工再次清捡再生材料中混有的轻质杂物。

7.2.1.3 不同料源、不同批次的再生材料应分层、分段填筑，分层压实。同一层路基的全宽应采用同一料源、同一批次的再生材料，不应混合填筑。

7.2.1.4 雨季施工时应做好排水。

7.2.1.5 路基填料施工过程中应符合表 24、表 25 的要求。

表 24 路基填料最小强度和最大粒径要求

路基部分	路面底面 以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)			填料最大粒 径 (mm)
		高速公路、一 级公路	二级公路	三、四级公路	
上路床	0~0.3	8	6	5	100

表 24 路基填料最小强度和最大粒径要求 (续)

路基部分		路面底面 以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)			填料最大粒 径 (mm)
			高速公路、一 级公路	二级公路	三、四级公路	
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	5	4	3	100
	特重、极重交通	0.3~1.2	5	4	—	100
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	4	3	3	150
	特重、极重交通	1.2~1.9	4	3	—	150
下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	3	2	2	150
	特重、极重交通	1.9 以下				150
零填及挖方路 基	0~0.3	—	8	6	5	100
	0.3~0.8		5	4	3	100

注 1: CBR 试验应符合 JTG E40 的规定;  
注 2: 当路基填料 CBR 值达不到表列要求时, 可掺石灰或其他稳定材料处理;  
注 3: 表中上、下路堤填料最大粒径 150mm 的规定, 不适用于填石路堤和土石路堤。

表 25 再生材料压实度要求

路基部分		路面底面以下 深度 (m)	压实度 (%)		
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95	≥94
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥96	≥95	—
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93
	特重、极重交通	1.2~1.9	≥94	≥94	—
下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	≥93	≥92	≥90
	特重、极重交通	1.9 以下			

注: 表中压实度按 JTG E40 重型击实试验所得最大干密度求得的压实度。

## 7.2.2 施工流程

再生材料填筑路基的施工流程见图 1。

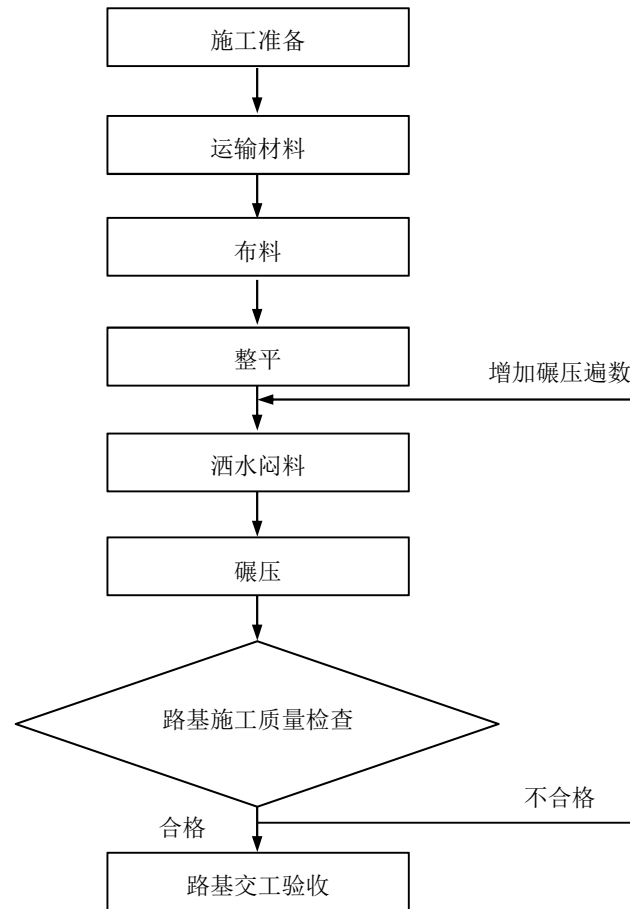


图 1 再生材料填筑路基施工流程

### 7.2.3 施工准备

7.2.3.1 施工前应检查材料的来源和质量，进场的各种材料的来源、品种和质量应符合表 20 和表 21 的要求。应检查由符合资质规定的检测单位出具的合格证及试验检测报告。

7.2.3.2 再生材料填筑路基施工准备应按 JTGF10 的要求执行。

### 7.2.4 运输与卸料

7.2.4.1 再生材料填料装运前，应混合均匀，避免大粒径填料集中装运。

7.2.4.2 按自卸汽车所载方量大小在路基填筑层面上用石灰划出卸料范围。

7.2.4.3 装卸完成后的填料铺设宽度要超过填层设计宽度 50cm。

### 7.2.5 布料及整平

7.2.5.1 再生材料填料应均匀卸在灰线方格内，卸料后采用推土机初平，并配合人工捡除超大粒径骨料。初平后采用钢轮压路机进行稳压，然后采用平地机按照确定的松铺厚度进行精平。整平后表面应平整。

7.2.5.2 摊铺时，推土机前进方向应与自卸汽车卸料方向相反，并尽量将细集料留在上部。

7.2.5.3 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。

7.2.5.4 整平后对局部大颗粒集中部位应由人工采用细料找平。

### 7.2.6 洒水闷料

7.2.6.1 再生材料填料摊铺后和碾压前均应进行天然含水率检测，并通过室内试验确定的最佳含水率计算所需补水量。

7.2.6.2 洒水应均匀，防止出现路基表面局部水分过多现象。应及时检测再生材料的含水率，以保证其处于最佳含水率-1%~+3%范围内。

7.2.6.3 洒水应分两次进行：

a) 第1次洒水为所需水量的60%~70%（一般略大于理论数值，根据现场气温调节），待路基表面风干不粘轮时碾压2遍~3遍；

b) 第2次洒水量约为需水量的30%~40%，待路基表面风干不粘轮时继续碾压。

7.2.6.4 施工时如路基裸露时间长、气温过高，应适当进行补水。

### 7.2.7 碾压

7.2.7.1 钢轮压路机宜选用自重不小于26t，羊足碾压路机宜选用自重不小于22t。采用振动压路机施工时的适宜频率为27Hz~35Hz，振幅不少于1.8mm，碾压速度为33m/min~67m/min。

7.2.7.2 碾压按照先路边后中间、先轻后重、先慢后快和轮迹重叠的原则。压实路线纵向互相平行。直线地段由边坡向路基中心碾压，曲线路段由曲线内侧向外侧碾压。横向接头重叠0.4m~0.5m，前后相邻两区段间纵向重叠2.0m~5.0m。碾压技术要求可参照表26执行。

表 26 路基碾压技术要求

阶段	压路机类型	碾压速度 (m/min)	碾压遍数	工艺要求
初压	钢轮压路机	25~33	1遍~2遍	静压
复压	羊足碾压路机	33~67	不少于4遍	先弱振再强振
	钢轮压路机	33~67	不少于4遍	先弱振再强振
终压	钢轮压路机	50~83	1遍~2遍	静压

7.2.7.3 碾压结束后路基表面应整修平整。通过外观鉴定，上边坡不应有松动骨料，路基边线直顺，曲线圆滑；防止路基出现边坡坍塌，做好边坡防护和路基排水设施，保证排水通畅。

## 7.3 质量管理和验收

### 7.3.1 质量控制

7.3.1.1 再生材料填筑路基施工过程中应加强施工质量控制。运至施工现场的材料，其质量应满足要求。施工质量应采用施工参数（压实功率、碾压速度、压实遍数、铺筑层厚等）与施工质量检测双控制。

7.3.1.2 施工过程中质量检测项目、标准、方法及频率应符合表25要求。路基用再生材料最大干密度及压实度确定方法应按照附录C执行。

表 27 施工过程中质量控制要求

项目	规定值或允许偏差		检测方法	检测频率
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路		
外观	表面平整密实，不应有明显的轮迹、裂缝、沉降等缺陷，不应有明显杂物，且无明显离析		目测	随时



表 27 施工过程中质量控制要求（续）

项目	规定值或允许偏差		检测方法	检测频率
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路		
碾压厚度（cm）	$\leq 25$ 路床 $\leq 30$ 路堤		水准仪	每 200m 测 4 个断面
压实度（%）	$\geq 96$ 路床 $\geq 94$ 上路堤 $\geq 93$ 下路堤	$\geq 95$ 路床 $\geq 94$ 上路堤 $\geq 92$ 下路堤	灌砂法	每 1000m <sup>2</sup> 至少检验 2 点，不足 1000m <sup>2</sup> 时检验 2 点，必要时可根据需要增加检测点

## 7.3.2 交工验收

7.3.2.1 路基工程完工后路基表面层外观质量标准：表面应平整、密实、无明显孔洞，边坡紧贴、密实，无明显孔洞、松动，坡面平顺。

7.3.2.2 路基工程质量验收标准应符合表 28 的规定。

表 28 路基工程质量验收标准

项目	规定值或允许偏差		检查方法	检测频率	
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路			
压实度（%）	$\geq 98$	$\geq 95$	灌砂法	每 200m 每压实层测 4 处	
弯沉 (0.01mm)	不大于设计值		贝克曼梁	每一双车道（不超过 1km）检查 80~100 个点，单车道或多车道按车道数与双车道之比，相应减少或增加测点	
纵断高程（mm）	+10, -20	+10, -30	水准仪	每 200m 测 4 个断面	
中线偏位（mm）	50	100	经纬仪	每 200m 测 4 点，弯道加 HY、YH 两点	
宽度（mm）	符合设计要求		米尺	每 200m 测 4 处	
平整度（mm）	20	30	3m 直尺	每 200m 测 2 处×10 尺	
横坡（%）	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	水准仪	每 200m 测 4 个断面	
边坡	坡度	不大于设计值		水准仪	每 200m 抽查 4 处
	平顺度	符合设计要求			

附录 A  
(规范性附录)  
杂物含量及混凝土粒料含量试验方法

### A.1 仪器和材料

检测用以下仪器和材料:

- a) 鼓风干燥箱: 能使温度控制在  $(105\pm 5)$  °C;
- b) 电子天平: 称量 20kg, 感量 0.1g;
- c) 方孔筛: 孔径为 4.75mm 的筛一只;
- d) 铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

### A.2 取样

应按 GB/T 14685 中规定的取样方法进行取样。杂物含量与混凝土粒料含量可采用同一组试样进行试验, 试样的最小取样数量应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 试验取样数量

再生粗集料最大粒径 (mm)	9.5	19.0	31.5	37.5
最少取样量 (kg)	20.0	40.0	60.0	60.0

### A.3 试样处理

A.3.1 将试样通过 4.75mm 方孔筛, 取筛上部分进行试验。应按 GB/T 14685 中规定的试样处理方法将试样缩分至不小于表 A.2 规定的数量。

表 A.2 试验所需试样数量

再生粗集料最大粒径 (mm)	9.5	19.0	31.5	37.5
最少试样量 (kg)	4.0	8.0	15.0	15.0

A.3.2 将缩分后的试样置于  $(105\pm 5)$  °C 的干燥箱中烘干至恒量, 冷却至室温。

### A.4 试验步骤

杂物含量与混凝土粒料含量试验应按如下步骤进行:

- a) 称量试样的质量  $m_1$ , 准确至 0.1g;
- b) 人工分选出试样中的金属、塑料、沥青、木头、玻璃、砖类、草根、树叶、树枝、纸张、毛皮、煤块和炉渣等杂物, 然后称量各种杂物的总质量  $m_2$ , 准确至 0.1g;
- c) 人工分选出试样中的混凝土粒料和石块, 称量质量  $m_3$ , 准确至 0.1g。

### A.5 结果整理

分别按公式 (A.1) 和公式 (A.2) 计算再生粗集料中杂物与混凝土粒料占试样总质量的百分比, 精确至 0.1%;

$$Q_a = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$Q_a$  —— 杂物含量 (%);

$m_1$  —— 再生粗集料总质量 (g);

$m_2$  —— 杂物质量 (g)。

$$Q_b = \frac{m_3}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$Q_b$  —— 混凝土粒料含量 (%);

$m_1$  —— 再生粗集料总质量 (g);

$m_3$  —— 混凝土粒料质量 (g)。

平行试验进行 2 次, 试验结果取两次试验的算术平均值, 精确至 0.01%。

附录 B  
(规范性附录)  
轻质杂物含量试验方法

B.1 仪器和材料

检测用以下仪器和材料:

- a) 鼓风干燥箱: 能使温度控制在  $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- b) 电子天平: 称量 20kg, 感量 0.1g;
- c) 铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

B.2 取样

应按 GB/T 14685 中规定的取样方法进行取样, 取样数量不少于 60kg。

B.3 试样处理

B.3.1 应按 GB/T 14685 中规定的试样处理方法将试样缩分至略大于 30kg。

B.3.2 将缩分后的试样置于  $(105\pm 5)^\circ\text{C}$  的干燥箱中烘干至恒量, 冷却至室温后, 分为大致相等的两份备用。

B.4 试验步骤

轻质杂物含量试验应按如下步骤进行:

- a) 称量试样的质量  $m_1$ , 准确至 0.1g;
- b) 人工分选出塑料、布片、木块、树枝和纸张等密度小于  $1\text{ g/cm}^3$  的轻质杂物, 并称量质量  $m_2$ , 准确至 0.1g。

B.5 结果整理

分别按公式 (B.1) 计算试样中的轻质杂物含量, 精确至 0.1%。

$$Q_c = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$Q_c$ ——轻质杂物含量 (%);

$m_1$ ——试样的质量 (g);

$m_2$ ——轻质杂物总质量 (g)。

平行试验进行两次, 试验结果取两次试验的算术平均值, 精确至 0.01%。

## 附录 C (规范性附录)

### 路基用再生材料的最大干密度及压实度确定方法

#### C.1 最大干密度确定方法

C.1.1 路基用再生材料的最大干密度每 50000m<sup>3</sup> 需取样测定一次，确定方法为：配制 5mm~40mm 颗粒占 0mm~40mm 颗粒的粗粒含量为 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 的路基用再生材料试样，分别按照 JTG E40 中试验方法进行室内大筒重型击实试验，确定不同粗粒含量（以击实后试样粗粒含量为准）路基用再生材料的最大干密度和最佳含水率，绘制不同粗粒含量的最大干密度曲线。

C.1.2 超尺寸颗粒的校正：当试样中大于规定最大粒径的超尺寸颗粒含量为 5%~30% 时，对试验所得最大干密度和最佳含水率进行校正（超尺寸颗粒的含量小于 5% 时，可不进行校正）。

C.1.3 根据校正的最大干密度、最佳含水率和 5mm~40mm 颗粒占 0mm~40mm 颗粒的粗粒含量来绘制修正曲线。

#### C.2 压实度确定方法

现场采用灌砂法检测路基压实度时，根据试坑内路基用再生材料中 5mm~40mm 颗粒占 0mm~40mm 颗粒的粗粒含量，在重型击实修正曲线中查找对应的最大干密度来计算现场再生材料的压实度。

---