

广东省标准



DBJ/15-159-2019  
备案号 J 14778-2019

---

# 建筑废弃物再生集料应用技术规范

**Technical specification for application of recycled construction and demolition  
waste aggregate**

(预览版)

2019-07-25 发布

2019-11-01 实施

---

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

# 建筑废弃物再生集料应用技术规范

**Technical specification for application of recycled construction and demolition  
waste aggregate**

DBJ/15-159-2019

住房和城乡建设部备案号：J14778-2019

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

施行日期：2019年11月1日

# 广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准 《建筑废弃物再生集料应用技术规范》的公告

粤建公告〔2019〕32号

经组织专家委员会审查，现批准《建筑废弃物再生集料应用技术规范》为广东省地方标准，编号为 DBJ/T 15-159-2019。本标准自 2019 年 11 月 1 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位广州市市政工程设计研究总院有限公司、广州大学、广东工业大学负责具体技术内容的解释，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站（[www.gdcic.gov.cn](http://www.gdcic.gov.cn)）公开。

广东省住房和城乡建设厅

2019 年 7 月 25 日

# 前 言

根据《广东省住房和城乡建设厅关于发布<2016年广东省工程建设标准制修订计划>的通知》（粤建科函〔2016〕3007号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，吸取有关科研成果，参考国内外现行相关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规范。

本规范共分10章，主要内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 再生集料；4 级配再生集料；5 水泥稳定再生集料；6 再生集料砂浆；7 再生集料混凝土；8 再生集料混凝土制品；9 再生集料工程应用；10 检验与验收。

本规范由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位广州市市政工程设计研究总院有限公司、广州大学和广东工业大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市市政工程设计研究总院有限公司（地址：广州市环市东路348号东楼，邮编：510060），以供今后修订时参考。

主编单位：广州市市政工程设计研究总院有限公司

广州大学

广东工业大学

参编单位：广东冠南环境工程科技有限公司

广州市道路工程研究中心

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

广东省建筑材料研究院

广州市市政集团有限公司

公用事业规划设计院责任有限公司

广州市建筑科学研究院有限公司

广东省基础工程集团有限公司

主要起草人员：宁平华 吴旷怀 李丽娟 李翔 蔡旭 谢建和 龙绍海 程乐群  
吴建 马智珊 安关峰 李建新 张波 李向涛 童恺旻 祝雯  
邓旭华 傅栋梁 谢红波 王莉 张圣 刘玫 欧阳绮玲 白璐  
麦俊明 陈培鑫

主要审查人：韦江雄 林玩君 吴传海 欧阳东 陈湘华 潘艳珠 李连生

# 目 录

1	总则	1
2	术语和符号	1
2.1	术语	1
2.2	符号	2
3	再生集料	3
3.1	一般规定	3
3.2	技术要求	3
4	级配再生集料	6
4.1	一般规定	6
4.2	技术要求	6
4.3	级配设计	6
5	水泥稳定再生集料	8
5.1	一般规定	8
5.2	原材料要求	8
5.3	混合料技术要求	10
5.4	配合比设计	10
6	再生集料砂浆	12
6.1	一般规定	12
6.2	技术要求	12
6.3	配合比设计	12
6.4	再生集料砂浆的制备	13
7	再生集料混凝土	14
7.1	一般规定	14
7.2	原材料要求	14
7.3	技术要求	15
7.4	配合比设计	15
7.5	再生集料混凝土的制备	16
8	再生集料混凝土制品	17
8.1	一般规定	17
8.2	再生集料混凝土砌块技术要求	17
8.3	再生集料混凝土实心砖技术要求	17
8.4	再生集料混凝土多孔砖技术要求	18
8.5	再生集料混凝土路面砖技术要求	19
9	再生集料工程应用	21
9.1	一般规定	21
9.2	地基处理	21
9.3	路基及管腔回填	22
9.4	路面	23
9.5	砖砌体结构	26
10	检验与验收	28

10.1 一般规定.....	28
10.2 再生集料检验.....	28
10.3 级配再生集料检验.....	28
10.4 水泥稳定再生集料检验.....	29
10.5 再生集料砂浆检验.....	29
10.6 再生集料混凝土制品检验.....	30
10.7 地基处理施工质量验收.....	32
10.8 路基施工质量验收.....	32
10.9 路面施工质量验收.....	32
10.10 砖砌体结构施工质量验收.....	33
附录 A 建筑废弃物再生集料杂物含量与砖集料含量试验方法.....	34
本规范用词说明.....	35
引用标准名录.....	36
附：条文说明.....	38

# Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	1
	2.1 Terms.....	1
	2.2 Symbols.....	2
3	Recycled Aggregate.....	3
	3.1 General Requirements.....	3
	3.2 Technical Requirements.....	3
4	Graded Recycled Aggregate.....	6
	4.1 General Requirements.....	6
	4.2 Technical Requirements.....	6
	4.3 Gradation Design.....	6
5	Cement Stabilized Recycled Aggregate.....	8
	5.1 General Requirements.....	8
	5.2 Raw Material Requirement.....	8
	5.3 Technical Requirements For Mixture.....	10
	5.4 Mix Proportion Design.....	10
6	Recycled Aggregate Mortar.....	12
	6.1 General Requirements.....	12
	6.2 Technical Requirements.....	12
	6.3 Mix Proportion Design.....	12
	6.4 Production of Recycled Aggregate Mortar.....	13
7	Recycled Aggregate Concrete.....	14
	7.1 General Requirements.....	14
	7.2 Raw Material Requirement.....	14
	7.3 Technical Requirements.....	15
	7.4 Mix Proportion Design.....	15
	7.5 Production of Recycled Aggregate Concrete.....	16
8	Concrete Products of Recycled Aggregate.....	17
	8.1 General Requirements.....	17
	8.2 Technical Requirements of Recycled Aggregate Block.....	17
	8.3 Technical Requirements of Recycled Aggregate Solid Brick.....	17
	8.4 Technical Requirements of Recycled Aggregate Cork Brick.....	18
	8.5 Technical Requirements of Recycled Aggregate Pavior Brick.....	19
9	Engineering Application of Recycled Aggregate .....	21
	9.1 General Requirements.....	21
	9.2 Foundation Treatment.....	21
	9.3 Subgrade.....	22
	9.4 Pavement.....	23
	9.5 Brick Masonry Structures.....	26
10	Inspection and Acceptance.....	28

10. 1	General Requirements.....	28
10. 2	Inspection of Recycled Aggregate.....	28
10. 3	Inspection of Graded Recycled Aggregate.....	28
10. 4	Inspection of Cement Stabilized Recycled Aggregate.....	29
10. 5	Inspection of Recycled Aggregate Mortar.....	29
10. 6	Inspection of Concrete Products of Recycled Aggregate.....	30
10. 7	Construction Quality Acceptance of Foundation Treatment.....	32
10. 8	Construction Quality Acceptance of Subgrade.....	32
10. 9	Construction Quality Acceptance of Pavement.....	32
10. 10	Construction Quality Acceptance of Brick Masonry Structures.....	33
Appendix A Test Method for Impurities and Brick Aggregate Content of Construction & Demolition Waste Recycled Aggregate.....34		
Explanation of Wording In This Specification.....35		
List of Quoted Standards.....36		
Addition: Explanation of Provisions.....38		



# 1 总则

1.0.1 为倡导推广建筑废弃物循环利用，做到节约资源、技术经济合理，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于广东省建筑废弃物再生集料的生产及其在市政工程、公路工程和建筑工程中的应用。

1.0.3 本规范不涉及来自于特殊使用场合、受重金属或有机物污染和受硫酸盐或氯盐等腐蚀介质严重侵蚀等情况的建筑废弃物。

1.0.4 建筑废弃物再生集料的生产及应用除应符合本规范的规定外，尚应符合国家颁布的现行其他有关标准、规范的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 建筑废弃物 construction and demolition waste

对各类建筑物和构筑物及其辅助设施进行建设、改造、装修、拆除、铺设等过程中产生的各类固体废弃物，主要包括建筑和道路等工程中的渣土、废旧混凝土、废旧无机稳定材料、废旧砌筑材料、碎砖瓦、废沥青、废旧管材、废旧木材等。

#### 2.1.2 集料 aggregate

亦称骨料，在混合料中起骨架和填充作用，包括碎石、砾石、机制砂、石屑、砂等。

#### 2.1.3 再生集料 recycled aggregate

由建筑废弃物中的混凝土、无机稳定材料、砌筑材料、砂浆、石或砖瓦等加工而成的集料。

#### 2.1.4 再生集料混合料 recycled aggregate mixture

全部或部分掺用了再生集料的混合料。

#### 2.1.5 水泥稳定再生集料 cement stabilized recycled aggregate

用水泥做结合料所得的再生集料混合料。

#### 2.1.6 级配再生集料 graded recycled aggregate

掺用再生集料的级配再生集料混合料。

#### 2.1.7 水泥稳定级配再生集料 cement stabilized graded recycled aggregate

用水泥做结合料所得的级配再生集料混合料。

#### 2.1.8 再生集料混凝土 recycled aggregate concrete

掺用再生集料配制而成的混凝土。

#### 2.1.9 再生集料砂浆 recycled aggregate mortar

掺用再生集料配制而成的砂浆。

#### 2.1.10 再生集料取代率 replacement ratio of recycled aggregate

再生集料用量占同类集料总用量的质量百分比。

#### 2.1.11 再生集料混凝土制品 concrete products of recycled aggregate

掺用了再生集料的混凝土制品。

#### 2.1.12 再生集料砖/再生集料砌块 recycled aggregate brick, recycled aggregate block

掺用了再生集料制成的砖、砌块。

#### 2.1.13 砖集料 recycled aggregate of rejected red brick

由废弃烧结粘土砖加工而成的再生集料。

#### 2.1.14 杂物 impurities

再生集料中除混凝土、无机稳定材料、砌筑材料、砂浆、石或砖瓦等之外的其他物质。

## 2.2 符号

$f_{ck}$  ---- 再生集料混凝土轴心抗压强度标准值；

$f_c$  ---- 再生集料混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{tk}$  ---- 再生集料混凝土轴心抗拉强度标准值；

$f_t$  ---- 再生集料混凝土轴心抗拉强度设计值；

$f_c^f$  ---- 再生集料混凝土轴心抗压疲劳强度设计值；

$f_t^f$  ---- 再生集料混凝土轴心抗拉疲劳强度设计值；

$G_c$  ---- 再生集料混凝土剪切变形模量；

$V_c$  ---- 再生集料混凝土泊松比；

$\alpha_c$  ---- 再生集料混凝土线膨胀系数；

$c$  ---- 再生集料混凝土比热容；

$\lambda$  ---- 再生集料混凝土导热系数；

$K_c$  ---- 再生集料砌块或再生集料砖的碳化系数；

$K_f$  ---- 再生集料砌块或再生集料砖的软化系数；

$W$  ---- 砌块或砖的相对含水率；

$\omega_1$  ---- 砌块或砖的含水率；

$\omega_2$  ---- 砌块或砖的吸水率；

$f_{rk}$  ---- 再生集料混凝土的抗折强度标准值

$f_{cu, k}$  ---- 再生集料混凝土立方体抗压强度标准值

$f_{cu, 0}$  ---- 再生集料混凝土的试配抗压强度(MPa)

$\sigma$  ---- 再生集料混凝土抗压强度标准差(MPa)

### 3 再生集料

#### 3.1 一般规定

3.1.1 应依据建筑废弃物的清洁程度和成份情况，选择相应的处置工艺流程，使再生集料的技术指标符合要求。

3.1.2 再生集料宜采用专用设备进行加工生产，宜采用带有超粒径颗粒回流系统、钢筋分拣装置和杂物清除装置等的破碎设备，以提升再生集料的产品质量。

3.1.3 再生集料的生产加工应采取降噪、除尘的措施。

#### 3.2 技术要求

3.2.1 建筑工程用再生集料的技术指标应满足以下规定。

1 再生集料混凝土和再生集料砂浆选用的再生细集料应符合国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 的相关规定，选用的再生粗集料应符合国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177 的相关规定。

2 混凝土和砂浆用再生细集料按性能要求分为 I 类、II 类、III 类，并应满足表 3.2.1-1 的相关规定。

表 3.2.1-1 混凝土和砂浆用再生细集料的要求

项目		I 类	II 类	III 类
微粉含量（按质量计）%	MB 值 < 1.40 或合格	< 5.0	< 7.0	< 10.0
	MB 值 ≥ 1.40 或不合格	< 1.0	< 3.0	< 5.0
泥块含量（按质量计）%		< 1.0	< 2.0	< 3.0
云母含量（按质量计）%		< 2.0		
表现密度小于 2000kg/m <sup>3</sup> 物质的含量（按质量计）%		< 1.0		
有机物含量（比色法）		合格		
硫化物及硫酸盐含量（按质量计）%		< 2.0		
氯化物含量（以氯离子质量计）%		< 0.06		
坚固性指标（饱和硫酸钠溶液中质量损失/%）		< 8.0	< 10.0	< 12.0
单级最大压碎值%		< 20	< 25	< 30

3 混凝土用再生粗集料按性能要求分为 I 类、II 类、III 类，并应满足表 3.2.1-2 的相关规定。

表 3.2.1-2 混凝土用再生粗集料的要求

项目	I 类	II 类	III 类
微粉含量（按质量计）%	< 1.0	< 2.0	< 3.0
泥块含量（按质量计）%	< 0.5	< 0.7	< 1.0
吸水率（按质量计）%	< 3.0	< 5.0	< 8.0
针片状颗粒含量（按质量计）%	< 10		
有机物含量	合格		
硫化物及硫酸盐含量（折算成 SO <sub>3</sub> ，按质量计）/%	< 2.0		
氯化物含量（以氯离子质量计）/%	< 0.06		
杂物含量（按质量计）%	< 1.0		

坚固性指标 (质量损失/%)	<5.0	<10.0	<15.0
压碎值/%	<12	<20	<30
表观密度/(kg/m <sup>3</sup> )	>2450	>2350	>2250
空隙率/%	<47	<50	<53

3.2.2 市政工程和道路工程用再生集料的技术指标应满足以下规定。

1 当应用于市政工程及公路工程时, 建筑废弃物再生集料可按照砖集料含量分为混凝土再生集料、砖混再生集料和砖再生集料三类, 各类再生集料适用的工程部位如表 3.2.2-1 所示。

表 3.2.2-1 各类再生集料适用的工程部位

集料类型 工程部位	混凝土再生集料 (砖集料含量≤5%)	砖混再生集料			砖再生集料 ≥50%
		砖集料含量 5%~20%	砖集料含量 20%~40%	砖集料含量 40%~50%	
管腔回填	●	●	●	●	●
路基回填、路基改善层、地基处理	●	●	●	●	●
粒料层	●	●	○	×	×
水泥稳定底基层	●	○	×	×	×
水泥稳定基层	●	×	×	×	×
水泥混凝土面层*	●	×	×	×	×

注: “●”表示适用于该工程部位; “○”表示可用于该工程部位, 但必须经过试验验证; “×”表示不得用于该工程部位。

\* 再生集料用于水泥混凝土面层时, 可用于人行道和广场的面层, 暂不考虑应用于机动车道的面层。

砖集料含量为砖集料质量与总质量的比值。

2 再生集料用于路基回填时, 填料的强度和粒径应满足表 3.2.2-2 的规定。

表 3.2.2-2 路基填料最小强度和最大粒径要求

填料应用部位 (路面底标高以下深度 m)		填料最小强度 (CBR) (%)			填料最大 粒径 (mm)	
		高速公路和一级公路、 快速路和主干路	二级公路、 城市次干路	二级以下公路、次 干路以下道路		
路 床	上路床 (0~0.30)	8	6	5	100	
	下路床	轻、中等及重交通 (0.30~0.80)	5	4	3	100
特重、极重交通 (0.30~1.20)		5	4	—		
路 堤	上路堤	轻、中等及重交通 (0.80~1.50)	4	3	150	
		特重、极重交通 (1.20~1.90)	4	3		
	下路堤	轻、中等及重交通 (1.50 以下)	3	2	2	150
		特重、极重交通 (1.90 以下)				

注: 表列强度按《公路土工试验规程》规定的浸水96h的CBR试验方法测定。

3 再生集料用于管腔回填时, 填料的公称粒径不得大于 50mm, 其施工和验收按照《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 执行。

4 对应不同等级的公路和城市道路的级配再生集料基层、底基层或路基改善层, 再生粗集料和再生细集料的技术指标应分别满足表 3.2.2-3 和表 3.2.2-4 的规定。

3.2.2-3 级配再生集料用再生粗集料技术要求

测试指标	高速公路、一级公路、快速路和主干路		二级及以下公路、城市次干路及以下道路		检测方法
	基层	底基层	基层	底基层	
表观密度(g/cm <sup>3</sup> )	>2.50	>2.50	>2.35	>2.20	T0304

压碎值 (%)	≤22	≤26	≤30	≤35	T0316
吸水率 (%)	≤5.0	≤7.0	≤10.0	≤12.0	T0304
<0.075 含量 (%)	≤1.2	≤1.5	≤2.5	≤3.5	T0310
针片状 (%)	<18	<20	<20	<20	T0312
杂物(%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	附录 A

表 3.2.2-4 级配再生集料用再生细集料技术要求

测试指标	高速公路、一级公路、快速路和主干路		二级及以下公路、城市次干路及以下道路		检测方法
	基层	底基层	基层	底基层	
表观密度 (g/cm <sup>3</sup> )	>2.4	>2.4	>2.25	>2.10	T0328(JTG E 42)
饱和面干吸水率 (%)	≤10.0	≤10.0	≤13.0	≤15.0	T0330
<0.075 含量 (%)	≤8.0	≤10.0	≤10.0	≤12.0	T0333
液限 (%)	<28	<28	<28	<28	T0118
塑性指数	<12	<12	<12	<12	
杂物(%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	附录 A

注：\*应测定0.075mm以下材料的塑性指数。

5 对应不同等级的公路和城市道路的水泥稳定再生集料基层和底基层，再生粗集料和再生细集料的技术指标应分别满足表 3.2.2-5 和表 3.2.2-6 的规定。

表 3.2.2-5 水泥稳定再生集料基层、底基层用再生粗集料技术要求

测试指标	高速公路、一级公路、快速路和主干路		二级及以下公路、城市次干路及以下道路		检测方法
	基层	底基层	基层	底基层	
表观密度(g/cm <sup>3</sup> )	>2.50	>2.50	>2.35	>2.20	T0304
压碎值 (%)	≤22	≤30	≤35	≤40	T0316
吸水率 (%)	≤7.0	≤7.0	≤10.0	≤12.0	T0304
<0.075 含量 (%)	≤1.2	≤1.5	≤2.0	≤2.0	T0310
针片状 (%)	<18	<20	<22	<25	T0312
杂物(%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	附录 A

表 3.2.2-6 水泥稳定再生集料基层、底基层用再生细集料技术要求

测试指标	高速公路、一级公路、快速路和主干路		二级及以下公路、城市次干路及以下道路		检测方法
	基层	底基层	基层	底基层	
表观密度 (g/cm <sup>3</sup> )	>2.4	>2.4	>2.25	>2.10	T0328(JTG E 42)
饱和面干吸水率 (%)	≤10.0	≤10.0	≤13.0	≤15.0	T0330
<0.075 含量 (%)	≤3.0	≤3.0	≤4.0	≤5.0	T0333
硫酸盐含量 (%)	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	T0159
液限 (%)	<17	<17	—	—	T0118
塑性指数	<17	<17	—	-	
杂物(%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	附录 A

注：\*应测定0.075mm以下材料的塑性指数。

6 路面混凝土所用再生集料的技术要求参照 2.2.1 的规定执行。

## 4 级配再生集料

### 4.1 一般规定

4.1.1 级配再生集料宜应用于重交通荷载等级及以下交通荷载等级城市道路与公路的粒料层、底基层，也可用于中等交通荷载等级及以下交通荷载等级的城市道路或公路的基层。

4.1.2 全部采用再生集料，性能或级配不能满足要求时，可以掺加原生集料。

### 4.2 技术要求

4.2.1 级配再生集料中小于 0.075mm 的颗粒含量不应大于 5%。

4.2.2 用于道路基层时，级配再生集料中砖集料含量不大于 5%；用于道路底基层时，级配再生集料中砖集料含量不大于 20%。

4.2.3 基层、底基层级配再生集料的 CBR 值应满足表 4.2.3 中对 CBR 强度的要求。

表 4.2.3 级配再生集料的 CBR 强度要求 (%)

结构层	公路和道路等级	重交通	中、轻交通
基层	高速公路、一级公路、快速路和主干道	—	≥160
	二级及以下公路、次干路和支路	—	≥120
底基层	高速公路、一级公路、快速路和主干道	≥80	≥80
	二级及以下公路、次干路和支路	≥60	≥60

### 4.3 级配设计

4.3.1 一级公路和主干路的基层采用级配再生集料时，公称最大粒径不宜大于 26.5mm；底基层采用级配再生集料时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；二级及以下公路、次干路及以下道路的基层采用级配再生集料时，公称最大粒径不宜大于 31.5mm；二级及以下公路、次干路及以下道路的底基层采用级配再生集料时，公称最大粒径不宜大于 37.5mm。

4.3.2 级配再生集料用于一级公路和主干路基层时，级配宜符合表 4.3.2 中级配 G-A-4 或 G-A-5 的规定。

4.3.3 级配再生集料用于一级公路和主干路底基层时，级配宜符合表 4.3.2 中级配 G-A-3 或 G-A-4 的规定。

4.3.4 级配再生集料用于二级及以下公路、次干路及以下道路的基层、底基层时，级配宜符合表 4.3.2 中级配 G-A-1 或 G-A-2 的规定。

表 4.3.2 级配再生集料的颗粒推荐范围

筛孔尺寸 (mm)	G-A-1	G-A-2	G-A-3	G-A-4	G-A-5
37.5	100	—	—	—	—
31.5	100~90	100	100	—	—
26.5	93~80	100~90	95~90	100	100



19	81~64	86~70	84~72	88~79	100~95
16	75~57	79~62	79~65	82~70	89~82
13.2	69~50	72~54	72~57	76~61	79~70
9.5	60~40	62~42	62~47	64~49	63~53
4.75	45~25	45~25	40~30	40~30	40~30
2.36	31~16	31~16	28~19	28~19	28~19
1.18	22~11	22~11	20~12	20~12	20~12
0.6	15~7	15~7	14~8	14~8	14~8
0.3	—	—	10~5	10~5	10~5
0.15	—	—	7~3	7~3	7~3
0.075	5~2	5~2	5~2	5~2	5~2

注：① 对于无塑性的混合料，小于0.075 mm的颗粒含量应接近高限。

4.3.5 未筛分再生集料混合料用做二级及以下公路、次干路及以下道路的底基层时，宜采用表 4.3.5 中推荐的级配范围。

表 4.3.5 未筛分再生集料混合料底基层颗粒组成范围

筛孔尺寸 (mm)	G-B-1	G-B-2
53	100	—
37.5	85~100	100
31.5	69~88	83~100
19.0	40~65	54~84
9.5	19~43	29~59
4.75	10~30	17~45
2.36	8~25	11~35
0.6	6~18	6~21
0.075	0~10	0~10

4.3.6 级配再生集料的液限宜不大于 28%，在潮湿多雨地区塑性指数宜小于 6，其他地区宜小于 9。

## 5 水泥稳定再生集料

### 5.1 一般规定

5.1.1 水泥稳定再生集料宜应用于城市道路与公路的底基层，可用于重交通荷载等级及以下交通荷载等级的城市道路与公路的基层；水泥稳定再生集料用于高速公路或城市快速路、极重或特重交通等级的公路或城市道路的基层时，应通过试验并论证后，方可采用。

5.1.2 水泥稳定再生集料混合料组成设计应按照设计要求，选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

5.1.3 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等四部分。其具体内容和设计步骤可参照《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 执行。

5.1.4 除本规范规定的级配外，水泥稳定再生集料基层和底基层宜采用骨架密实型级配，但应进行专项级配设计和试验验证。

### 5.2 原材料要求

5.2.1 用于道路基层时，水泥稳定再生集料中砖集料含量宜不大于5%。用于道路底基层时，水泥稳定再生集料中砖集料含量不大于20%。

5.2.2 被稳定的再生集料混合料液限应不大于 40%，塑性指数应不大于 17。

5.2.3 当被稳定的再生集料混合料中粗集料含量较大，且小于 0.6mm 的颗粒含量在 30%以下时，塑性指数可大于 17，且混合料的均匀系数应大于 5。水泥稳定再生集料的级配可按表 5.2.3 选用，并符合下列规定：

1 对于高速公路、一级公路、快速路和主干路，水泥稳定再生集料用做底基层时，混合料的最大公称粒径不应超过 31.5 mm，其级配组成宜符合表 5.2.3 所列 I 号或 II 号级配范围。

2 对于二级公路或次干道，水泥稳定再生集料用做基层时，混合料的级配组成宜符合表 5.2.3 所列 I 号级配范围；水泥稳定再生集料用做底基层时，混合料的级配组成宜符合表 5.2.3 所列 IV 号级配范围。

3 对于二级以下公路或次干道以下的道路，水泥稳定再生集料用做基层时，混合料的级配组成宜符合表 5.2.3 所列 III 号级配范围；水泥稳定再生集料用做底基层时，混合料的级配组成宜符合表 5.2.3 所列 IV 号级配范围。

表 5.2.3 水泥稳定再生集料的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	I	II	III	IV
	高速公路、一级公路、快速路和主干路底基层，或二级公路和次干路的基层	一级公路和城市主干路底基层	二级以下公路或次干路以下道路的基层	二级及以下公路或次干路及以下道路的底基层
53	-	-	100	100
37.5	100	100	90~100	-
31.5	90~100	-	-	-
26.5	-	-	66~100	-
19	67~90	-	54~100	-
9.5	45~68	-	39~100	-
4.75	29~50	50~100	28~84	50~100
2.36	18~38	-	20~70	-
1.18	-	-	14~57	-
0.6	8~22	17~100	8~47	17~100
0.075	0~7	0~30	0~30	0~50

5.2.4 水泥稳定级配再生集料的级配可采用按表 5.2.4 中推荐的级配范围，并符合下列规定：

1 对于高速公路、一级公路、快速路和主干路，水泥稳定级配再生集料的级配组成宜符合表 5.2.4 所列 I 号或 II 号级配范围，混合料密实时可采用 III 号级配。I 号级配适用于基层和底基层，II 号级配适用于基层。

2 对于二级及以下公路、次干路及以下道路，水泥稳定级配再生集料混合料的级配组成宜符合表 5.2.4 所列 IV、V、VI 号级配范围。IV 号级配宜用于基层和底基层，V、VI 号级配宜用于基层，III 号级配宜用于极重、特重交通荷载等级下的基层。

3 被稳定的级配再生集料混合料的液限宜不大于 28%。

4 用于一级公路和主干路时，被稳定的级配再生集料混合料的塑性指数宜不大于 5；用于二级及以下公路、城市次干路及以下道路时，被稳定的级配再生集料混合料的塑性指数宜不大于 7。

表 5.2.4 水泥稳定级配再生集料的推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	高速公路、一级公路、快速路和主干路			二级及以下公路、城市次干路及以下道路		
	I	II	III	IV	V	VI
37.5	-	-	-	100	-	-
31.5	-	-	100	100~90	100	-
26.5	100	-	-	94~81	100~90	100
19	86~82	100	68~86	83~67	87~73	100~90
16	79~73	93~88	-	78~61	82~65	92~79
13.2	72~65	86~76	-	73~54	75~58	83~67
9.5	62~53	72~59	38~58	64~45	66~47	71~52
4.75	45~35	45~35	22~32	50~30	50~30	50~30
2.36	31~22	31~22	16~28	36~19	36~19	36~19
1.18	22~13	22~13	-	26~12	26~12	26~12

0.6	15~8	15~8	8~15	19~8	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	-	14~5	14~5	14~5
0.15	7~3	7~3	-	10~3	10~3	10~3
0.075	5~2	5~2	0~3	7~2	7~2	7~2

5.2.5 水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料用做基层时，对所用再生集料、碎石或砾石原生料，应预先筛分成 3~5 个不同粒级，然后配合，使颗粒组成符合表 5.2.3 或表 5.2.4 所列级配范围。

5.2.6 水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料的压碎值应满足表 3.2.2-5 和表 3.2.2-6 的规定。

5.2.7 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥都可用于水泥稳定再生集料，但应选用初凝时间 3 h 以上和终凝时间较长（宜在 6 h 以上）的水泥；宜采用强度等级为 32.5 或 42.5 的水泥。

### 5.3 混合料技术要求

5.3.1 各级公路和城市道路用水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料的 7d 浸水无侧限抗压强度  $R_d$  应符合表 5.3.1 的规定。

5.3.2 水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料的组成设计应根据表 5.3.1 的强度标准，通过试验选取最适宜于稳定的级配，确定必需的水泥剂量和再生集料混合料的最佳含水率，在需要改善再生集料混合料的物理力学性质时，还应确定掺加原生料的比例。

表 5.3.1 水泥稳定再生集料的抗压强度标准

层位	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路、一级公路、快速路和主干路	5.0~7.0 MPa	4.0~6.0 MPa	3.0~5.0 MPa
	二级及以下公路、次干路及以下道路	4.0~6.0 MPa	3.0~5.0 MPa	2.0~4.0 MPa
	人行道、非机动车道、广场、停车场	2.0~4.0 MPa		
底基层	高速公路、一级公路、快速路和主干路	3.0~5.0 MPa	2.5~4.5 MPa	2.0~4.0 MPa
	二级及以下公路、次干路及以下道路	2.5~4.5 MPa	2.0~4.0 MPa	1.0~3.0 MPa

### 5.4 配合比设计

5.4.1 水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料层施工前，应取所定料场中有代表性的再生集料试样按《公路土工试验规程》（JTG E40）进行下列试验：颗粒分析、液限和塑性指数、相对密度、吸水率、击实试验、再生集料混合料的压碎值、杂物含量和微粉含量、有机质含量（必要时做）和硫酸盐含量（必要时做）。

5.4.2 对级配不良的再生集料宜掺配原生集料改善其级配。

5.4.3 应检验水泥的强度等级和凝结时间。

5.4.4 确定水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料的最大干密度时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。

5.4.5 水泥稳定再生集料的配合比设计参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）执行；水泥稳定再生集料或水泥稳定级配再生集料的各项试验应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 进行。

## 6 再生集料砂浆

### 6.1 一般规定

6.1.1 配制的再生集料砂浆应满足砂浆的和易性、强度和耐久性的要求。

6.1.2 再生集料砂浆采用的水泥强度等级应由设计要求确定。进行同一品种、同一强度等级再生集料砂浆配制时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级的水泥。

6.1.3 再生细集料可用于配制砌筑砂浆、抹灰砂浆和地面砂浆。再生集料地面砂浆可用于找平层，不宜用于地面面层。

### 6.2 原材料要求

6.2.1 用于配制再生集料砂浆的再生细集料应符合本规范 3.2.1 的要求，其他原材料应符合国家现行标准《预拌砂浆》（GB/T 25181）和《抹灰砂浆技术规程》（JGJ/T 220）的相关规定。

6.2.2 配制再生集料抹灰砂浆和砌筑砂浆宜采用通用硅酸盐水泥或砌筑水泥；再生集料地面砂浆应采用通用硅酸盐水泥，且宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

6.2.3 I类再生细集料可用于配制各种强度等级的砂浆；II类再生细集料可用于配制强度等级不高于M15的砂浆；III类再生细集料宜用于配制强度等级不高于M10的砂浆。

### 6.2 技术要求

6.3.1 再生集料配制的预拌砂浆的性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》（GB/T 25181）的相关规定。

6.3.2 现场拌制的再生集料砂浆的性能应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 现场拌制的再生集料砂浆性能指标要求

砂浆品种	强度等级	稠度 (mm)	保水率 (%)	14d拉伸粘贴强度 (MPa)
再生集料砌筑砂浆	M5、M7.5、M10、M15	50~90	≥82	-
再生集料抹灰砂浆	M5、M10、M15	70~100	≥82	≥0.15
再生集料地面砂浆	M15	30~50	≥82	-

### 6.4 配合比设计

6.4.1 按《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98 和《抹灰砂浆技术规程》（JGJ/T 220）的相关规定进行计算，确定基准砂浆配合比。

6.4.2 根据已有技术资料 and 砂浆性能要求确定再生细集料取代率；若无技术资料作为依据，再生细集料取代率不得大于 50%。

6.4.3 根据再生细集料取代率和基准砂浆配合比中的砂用量计算再生细集料用量。

6.4.4 通过进行相关试验确定外加剂、添加剂和掺合料的种类和掺量。

6.4.5 通过进行试配和调整，以符合性能要求且经济性好的配合比为最终配合比。

#### 6.4 再生集料砂浆的制备

6.5.1 在专业生产厂再生集料砂浆通过预拌方式生产，其制备应符合国家现行标准《预拌砂浆》（GB/T 25181）的有关规定，且其施工应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》（JGJ/T 223）的有关规定。

6.5.2 在现场配制的再生集料砂浆的原材料储存和计量应符合现行国家标准《预拌砂浆》（GB/T 25181）的中有关湿拌砂浆的相关规定。

6.5.3 现场配制再生集料砂浆宜采用强制性搅拌机进行搅拌，且应搅拌均匀。搅拌时间应符合以下规定：

- 1 砂浆仅由水泥、细集料和水配制时，搅拌时间从全部材料投料完毕开始计算，不宜少于 120s；
- 2 砂浆掺有矿物掺合料、添加剂或外加剂时，搅拌时间从全部材料投料完毕开始计算，不宜少于 180s；
- 3 具体搅拌时间可由搅拌机的技术参数进行试验确定。

6.5.4 现场配制的再生集料砂浆的使用应符合以下规定：

1 胶凝材料为通用硅酸盐水泥时，现场配制的水泥砂浆拌制后宜在 2.5h 内用完；当施工环境最高气温高于 30℃时，水泥砂浆拌制后宜在 1.5h 内用完。

2 胶凝材料为通用硅酸盐水泥时，现场配制的水泥混合砂浆拌制后宜在 3.5h 内用完；当施工环境最高气温高于 30℃时，水泥混合砂浆拌制后宜在 2.5h 内用完。

3 砌筑水泥砂浆和掺有缓凝成分的砂浆的使用时间可依据具体情况进行适当的延长。

4 在现场拌制的砂浆应采取防止水分蒸发的措施；夏季应进行遮阳处理，且冬季应进行保温处理；砂浆堆放地点的气温宜为 5℃~35℃。

5 若砂浆拌合物出现了泌水现象，应在使用前再次进行拌合均匀。

6 现场配制的再生集料砂浆施工应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》（JGJ/T 223）的有关规定。

## 7 再生集料混凝土

### 7.1 一般规定

7.1.1 再生集料混凝土的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能、强度检验评定及耐久性检验评定等要求与原生集料混凝土一致，应符合现行国家标准的相关规定。

7.1.2 再生集料不宜用于 C40 以上强度等级的混凝土的配制

7.1.3 再生集料不得用于预应力混凝土的配制。

### 7.2 原材料要求

7.2.1 再生集料混凝土选用的原生材料应符合以下规定：

1 选用的原生粗集料和细集料均应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的相关规定。

2 选用的水泥宜为通用硅酸盐水泥，且应满足现行国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的相关规定要求；若采用其他品种水泥，则要求其性能应满足国家现行有关标准的要求；不同品种的水泥不得混合使用。

3 再生混凝土拌合用水及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的相关规定。

4 选用的矿物掺合物均应分别符合相应的国家现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）、《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）和《混凝土和砂浆用天然沸石粉》（JG/T 3048）相关规定。

5 选用的外加剂应满足现行国家标准《混凝土外加剂》（GB 8076）及《混凝土外加剂应用技术规范》（GB 50119）的相关要求。

7.2.2 再生集料混凝土选用的再生材料应符合以下规定：

1 选用再生集料的细集料和粗集料应符合 3.2.1 中的相关要求。

2 I 类再生粗集料可用于各种强度等级的混凝土的配制；II 类再生粗集料可用于 C40 以下强度等级的混凝土的配制；III 类再生粗集料可用于 C25 以下强度等级的混凝土的配制，且不得用于有抗冻性要求的混凝土的配制。

3 I 类再生细集料可用于 C40 以下强度等级的混凝土的配制；II 类再生细集料可用于 C25 以下强度等级的混凝土的配制；III 类再生细集料不得用于结构混凝土的配制。



### 7.3 技术要求

7.3.1 再生集料混凝土的轴心抗压强度标准值 ( $f_{ck}$ )、轴心抗压强度设计值 ( $f_c$ )、轴心抗拉强度标准值 ( $f_{tk}$ )、轴心抗拉强度设计值 ( $f_t$ )、轴心抗压疲劳强度设计值 ( $f_{cf}$ )、轴心抗拉疲劳强度设计值 ( $f_{tf}$ )、剪切变形模量 ( $G_c$ ) 和泊松比 ( $\nu_c$ ) 均可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的有关规定进行取值。

7.3.2 混凝土只掺用 I 类再生粗集料配制时, 其中的受压和受拉弹性模量可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的有关规定进行取值。其他情况下进行配制的再生集料混凝土的弹性模量宜根据试验结果确定。

7.3.3 再生集料混凝土的比热容、温度线膨胀系数及导热系数宜根据试验确定。

### 7.4 配合比设计

7.4.1 再生集料混凝土的配合比设计应通过计算和试配确定。再生集料混凝土的试配强度应按下式确定:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (7.4.1-1)$$

式中  $f_{cu,0}$  ----- 再生集料混凝土的试配抗压强度(MPa)

$f_{cu,k}$  ----- 再生集料混凝土立方体抗压强度标准值 (即强度等级) (MPa)

$\sigma$  -----再生集料混凝土抗压强度标准差(MPa)

7.4.2 对于不掺用再生细集料的混凝土, 当仅掺 I 类再生粗集料或 II 类、III 类再生粗集料取代率小于 30% 时, 再生集料混凝土强度标准差可按现行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定取值。

7.4.3 对于不掺用再生细集料的混凝土, 当 II 类、III 类的再生粗集料的取代率大于 30% 时, 再生集料混凝土抗压强度标准差应根据同品种、同强度等级再生集料混凝土统计资料计算确定。计算时, 强度试件组数不应少于 25 组。当无统计资料时, 抗压强度标准差可参考表 7.4.3 取值。在再生粗集料的来源复杂或者不清楚其来源以及再生粗集料取代率较大时, 应适当增大标准差。

表 7.4.3 抗压强度标准差 (MPa)

强度等级	C15	C20~C30	C35~C40
$\sigma$	4.0	5.0	6.0

7.4.4 掺用再生细骨料的混凝土, 应根据相同再生集料掺量和同强度等级的同品种再生集料混凝土统计资料计算确定强度标准差, 当计算值小于表 7.4.3 中对应值时, 应取表 7.4.3 的规定取值; 当无统计资料时, 强度标准差宜按表 7.4.3 的规定取值。

7.4.5 配合比设计参数选择:

1 再生集料混凝土的用水量可分为净用水量和附加用水量两部分。再生集料粗集料采用预湿处理时，可不考虑附加用水量，再生集料混凝土的用水量应直接按净用水量确定。

2 附加用水量可参照再生粗集料吸水率加以确定。

3 在配制 C40 强度等级的再生集料混凝土时，应选用 I 级再生粗集料，水泥强度等级应按照《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）的要求选用。

4 再生集料取代率应通过试验确定。

5 确定砂率的取值时，可根据粗集料的最大粒径和水灰比查阅《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）的相应表格，在满足和易性要求的前提下，再生骨料混凝土宜采用较低的砂率。

6 再生集料混凝土配合比计算时，均应以干燥状态集料为基准（干燥状态集料系指含水率小于 0.5% 的细集料或含水率小于 0.2% 的粗集料）。如需以自然含水状态集料为基准进行计算时，则应做相应的修正。

7.4.6 再生集料混凝土配合比设计的步骤和调整应根据《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）执行。

7.4.7 路面工程用再生集料混凝土的配合比设计参照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）。

## 7.5 再生集料混凝土的制备

7.5.1 再生集料混凝土的浇筑和养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》（GB 50164）、《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666）的有关规定。

7.5.2 再生集料混凝土拌合物浇筑倾落的自由高度应在 2m 以内。若浇筑倾落的自由高度高于 2m，则应采取相应措施，如加串筒、斜槽或溜管等辅助工具。

7.5.3 再生集料混凝土在浇筑成型后应及时保湿养护，养护方式可根据具体指标、环境等要求，可选用覆盖、洒水养护等。若再生集料混凝土构件采用蒸汽养护，其成型后静停时间不宜低于 2h。

7.5.4 若进行自然养护，其湿养护时间不应低于 7 天，且若再生混凝土中添加了缓凝剂，其湿养护时间应不低于 14 天。

7.5.5 若对再生集料混凝土构件用塑料薄膜覆盖进行养护，则应将其表面全部严密覆盖，且保持膜内存在凝结水。

7.5.6 再生集料混凝土的拆模时间应符合《混凝土质量控制标准》（GB 50164）的相关规定。

7.5.7 路面工程再生集料混凝土的浇筑和养生应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的相关规定。

## 8 再生集料混凝土制品

### 8.1 一般规定

8.1.1 再生集料混凝土制品包括再生集料混凝土砌块、再生集料混凝土实心砖、再生集料混凝土多孔砖和再生集料混凝土路面砖等。

8.1.2 再生集料混凝土制品所用的再生集料混凝土应符合本规范 7.2 的要求。

8.1.3 再生集料混凝土制品的放射性应符合国家标准 GB50325 的要求。

### 8.2 再生集料混凝土砌块技术要求

8.2.1 再生集料混凝土砌块按抗压强度可分为 MU5、MU7.5、MU10、MU15 和 MU20 五个等级，强度等级应符合表 8.2.1 的规定：

表 8.2.1 再生集料混凝土砌块抗压强度

强度等级	抗压强度 (MPa)	
	平均值	单块最小值
MU5	≥5.0	≥4.0
MU7.5	≥7.5	≥6.0
MU10	≥10.0	≥8.0
MU15	≥15.0	≥12.0
MU20	≥20.0	≥16.0

8.2.2 集料的最大公称粒径不宜大于 10mm；当采用石屑作为集料时石屑中小于 0.15mm 的颗粒量不宜大于 20%。

8.2.3 再生集料混凝土砌块尺寸允许偏差、外观质量、性能及用途应符合《普通混凝土小型砌块》(GB/T8239) 的相关规定。

8.2.5 再生集料砌块按孔的排数可分为单孔排、双孔排、多孔排三类；再生集料砌块的主规格尺寸为 390 mm×190mm×190 mm，其他规格尺寸可由供需方协商，应符合现行国家标准《普通混凝土小型砌块》(GB 8239) 的相关规定。

### 8.3 再生集料混凝土实心砖技术要求

8.3.1 再生集料混凝土可用于制备实心砖，按抗压强度可分为 MU10、MU15、MU20 和 MU25 四个等级，强度等级应符合表 8.3.1 的规定。

表 8.3.1 强度等级

强度等级	抗压强度, MPa	
	平均值	单块最小值
MU10	≥10.0	≥8.0
MU15	≥15.0	≥12.0

MU20	≥20.0	≥16.0
MU25	≥25.0	≥21.0

8.3.2 集料的最大公称粒径不宜大于 8mm。

8.3.3 再生集料混凝土实心砖主要规格尺寸宜为 240mm×115mm×53mm；其他规格尺寸可由供需双方协商确定。

8.3.4 再生集料混凝土实心砖的尺寸允许偏差、外观质量、性能及用途应符合《混凝土实心砖》（GB/T 21144）的规定。

#### 8.4 再生集料混凝土多孔砖技术要求

8.4.1 再生集料混凝土可用于制备多孔砖，按抗压强度可分为 MU7.5、MU10、MU15 和 MU20 四个等级。

8.4.2 集料的最大公称粒径不宜大于 8mm。

8.4.3 再生集料混凝土多孔砖主要规格尺寸宜为 240mm×115mm×90mm；其他规格尺寸可由供需双方协商确定。

8.4.4 再生集料混凝土多孔砖的尺寸允许偏差和外观质量应符合表 8.4.4 的规定。

表8.4.4 再生集料混凝土多孔砖尺寸允许偏差和外观质量

项目		指标
尺寸允许偏差 (mm)	长度	±2.0
	宽度	±2.0
	高度	±2.0
缺棱掉角	个数 (个)	≤1
	三个方向投影的最小值 (mm)	≤10
裂缝长度	大面上宽度方向及其延伸到条面的长度 (mm)	≤30
	大面上长度方向及其延伸到顶面的长度或条、顶面水平裂纹的长度 (mm)	≤50
弯曲 (mm)		≤2.0
完整面		不少于一条面和一顶面
层裂		不允许
颜色		基本一致

8.4.5 再生集料混凝土多孔砖的强度等级应符合表 8.4.5 的规定。

表 8.4.5 再生集料混凝土多孔砖强度等级

强度等级	抗压强度, MPa	
	平均值	单块最小值

MU7.5	≥7.5	≥6.0
MU10	≥10.0	≥8.0
MU15	≥15.0	≥12.0
MU20	≥20.0	≥16.0

8.4.6 每块再生集料混凝土多孔砖的吸水率不应大于 18%；干燥收缩率和相对含水率应符合表 8.4.6 的规定；碳化系数 ( $K_c$ ) 不应小于 0.80，软化系数 ( $K_f$ ) 不应小于 0.80。

相对含水率可按下列式计算：

$$W=100 \times \omega_1/\omega_2 \quad (8.4.6)$$

式中：W——多孔砖的相对含水率（%）

$\omega_1$ ——多孔砖的含水率（%）

$\omega_2$ ——多孔砖的吸水率（%）

表 8.4.6 再生集料混凝土多孔砖干燥收缩率和相对含水率

干燥收缩率（%）	相对含水率平均值（%）		
	潮湿环境	中等环境	干燥环境
≤0.060	≤40	≤35	≤30

注：潮湿是指年平均相对湿度大于75%的地区；中等是指年平均相对湿度为50%~75%的地区；干燥是指年平均相对湿度小于50%的地区。

## 8.5 再生集料混凝土路面砖技术要求

8.5.1 再生集料混凝土路面砖可按砖的透水性为再生集料混凝土不透水路面砖和再生集料混凝土透水路面砖。

8.5.2 再生集料混凝土路面砖按抗压强度可分为 Cc40、Cc50 和 Cc60 三个等级

8.5.3 再生集料混凝土透水路面砖 15℃透水系数不应小于 0.1mm/s，且其他要求应符合现行行业标准《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188 的有关规定。

8.5.4 再生集料混凝土路面砖的主要规格尺寸、尺寸允许偏差、外观质量应符合《混凝土路面砖》GB 28635 相关规定。

8.5.5 根据砖边长与厚度的比值，再生集料混凝土路面砖的抗压强度或抗折强度应满足应符合表 8.5.5 的要求。

表 8.5.5 强度等级

边长比厚度	<4		边长比厚度	≥4	
	平均值≥ (MPa)	单块最小值≥ (MPa)		抗折强度等级	平均值≥ (MPa)
Cc40	40.0	35.0	C <sub>f</sub> 4.0	4.00	3.20
Cc50	50.0	42.0	C <sub>f</sub> 5.0	5.00	4.20
Cc60	60.0	50.0	C <sub>f</sub> 6.0	6.00	5.00

8.5.6 再生集料混凝土路面砖的其他性能应符合表 8.5.6 的要求。

表 8.5.6 物理性能

项目		指标要求
耐磨性	磨坑长度 (mm)	≤35.0
	耐磨度	≥1.2
吸水率 (%)		≤8.0
泛霜		不允许出现严重泛霜
抗滑性/BPN		≥60

注:磨坑长度与耐磨度二项试验只做一项即可

## 9 再生集料工程应用

### 9.1 一般规定

9.1.1 建筑废弃物再生集料及其产品可用于以下工程部位：

- 1 公路与城市道路中的路基（含地基处理）、路面；
- 2 建筑工程中的地基处理、砖砌体结构；
- 3 排水设施。

9.1.2 建筑废弃物再生集料或其制品在工程中的应用应满足安全和环保的要求。

9.1.3 建筑废弃物再生集料或其制品在设计、施工过程中应符合现行国家有关技术标准、规范、规程、细则等的要求。

### 9.2 地基处理

9.2.1 再生集料可代替原生集料用于地基处理的浅层处理、粒料桩、水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）、刚性桩、路基隔离墙、强夯置换等；再生集料代替原生集料用于刚性桩、路基隔离墙时宜先进行现场试验后再进行。

9.2.2 再生集料浅层处理应符合以下要求：

1 再生集料浅层处理指采用级配再生集料的浅层换填处理，适用于表层软土厚度小于 3m 的浅层软弱地基处理。

2 级配再生集料垫层宜采用 5mm~40mm 的级配再生集料。级配再生集料最大粒径不宜大于 50mm，含泥量不应大于 5%。

9.2.3 再生集料粒料桩应符合以下要求：

1 再生集料粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法。振动置换法适用于处理十字板抗剪强度不小于 15kPa 的软土地基；振动沉管法适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。

2 再生集料粒料桩选用的级配应满足《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》JTG/T D31-02 粒料桩粒料技术要求。

9.2.4 再生集料 CFG 桩应符合以下要求：

1 再生集料 CFG 桩指粗集料采用再生粗集料的水泥粉煤灰碎石桩，适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。

2 再生集料 CFG 桩选用的再生粗集料应满足《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》JTG/T D31-02 中水泥粉煤灰碎石桩粗集料技术要求。

9.2.5 再生集料强夯置换桩应符合以下要求：

1 再生集料强夯置换桩适用于处理高饱和度的粉土和软塑~流塑的软黏土地基，处理深度不大于7m。

2 再生集料强夯置换桩选用的级配再生集料应满足《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》（JTG/T D31-02）强夯置换粗颗粒材料技术要求。

9.2.6 除本节提到要求外，再生集料在地基处理应用中的设计和施工还应符合《建筑地基基础设计规范》（GB50007）、《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》（JTG/T D31-02）、《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79）、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94）以及《复合地基技术规范》（GB/T 50783）、《建筑地基基础工程施工规范》（GB 51004）、《高填方地基技术规范》（GB 51254）等规范的相关要求。

### 9.3 路基及管腔回填

9.3.1 再生集料可用于公路、城市道路的路堤、路床的填筑以及管腔的回填。

9.3.2 路堤应符合以下要求：

1 路堤应优先选用级配良好的再生集料，填料最大粒径应小于 150mm。

2 再生集料用于填筑路堤时，填料最小强度应符合表 3.2.5 的规定。当不能满足要求时，可采用石灰、水泥或其他稳定材料进行处治。

3 当路堤的地质条件良好，建议极限高度不大于 20m，路堤的边坡坡率满足应《公路路基设计规范》（JTG D30）要求。

9.3.3 路床应符合以下要求：

1 路床顶面横坡应与路拱横坡一致。

2 路床填料最大粒径应小于 100mm，最小强度应符合表 3.2.2-2 的规定。

9.3.4 路基压实应符合以下要求：

1 路基应分层压实、均匀密实。

2 再生集料路基压实度应满足《公路路基设计规范》（JTG D30）、《城市道路路基设计规范》（CJJ 194）的规定。

3 再生集料的压实含水率应控制在最佳含水率±2%范围内。

9.3.4 管腔回填应符合以下要求：

1 管腔回填再生集料位于道路范围的压实度应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）、《城市道路路基设计规范》（CJJ 194）的规定。

2 管腔回填再生集料位于道路范围之外的压实度应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268）的相关规定。

3 沟槽底至管顶以上 500mm 范围内宜采用渗水性好、容易密实的再生集料作为填料，集料最大粒径应小于 50mm。



4 当再生集料含水率较高且不具备降低含水率条件、难以达到压实要求时，应采用石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行处治。

9.3.5 管腔回填再生集料厚度应根据夯实或压实机械具有的性能及压实度要求而确定，虚铺厚度应符合下列规定：

- 1 振动压路机压实，虚铺厚度 $\leq 400\text{mm}$ 。
- 2 压路机压实，虚铺厚度 $\leq 300\text{mm}$ 。
- 3 动力夯实机压实，虚铺厚度 $\leq 250\text{mm}$ 。
- 4 水夯压实，虚铺厚度 $\leq 200\text{mm}$ 。

9.3.6 管顶或结构顶面以上 500mm 范围内，应采用轻夯夯实，严禁采用动力夯实机械或压路机压实；回填压实时，应确保管道或结构的安全。

9.3.7 路基填筑施工应符合《公路路基施工技术规范》（JTG-F10）、《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）的规定。

9.3.8 管腔回填施工应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268）的相关要求。

## 9.4 路面

9.4.1 再生集料可部分或全部替代原生集料，适用于以下范围：人行道、非机动车道、广场和停车场的面层；重及重以下交通荷载等级的基层；各交通荷载等级的底基层；各交通荷载等级功能层中的粒料层。但再生集料在高速公路、城市快速路、特重和极重交通荷载的公路或城市道路中路面结构的应用应通过试验并论证后，方可采用。

9.4.2 采用再生集料时，路面结构的设计应按照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）或《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）或《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）的规定进行。

9.4.3 路面采用的再生集料应满足强度、稳定性和耐久性的要求，采用再生集料修建的路面应符合下列规定：

- 1 面层应满足结构强度、高温稳定性、低温抗裂性、抗疲劳、抗水损害及耐磨、平整、抗滑等要求。
- 2 基层和底基层应有足够的承载能力，抗疲劳开裂性能，足够的耐久性和水稳定性，具有足够的抗永久变形能力。
- 3 粒料层应满足强度和水稳定性的要求。

9.4.4 再生集料混凝土路面砖和再生集料混凝土可用于人行道、非机动车道、广场和停车场的面层，应符合下列规定：

- 1 再生集料混凝土路面砖应用于面层铺装应符合表 9.4.4-1 的规定。

表 9.4.4-1 路面砖应用于面层铺装的技术要求

指标		人行道、自行车道	广场、停车场
抗压强度 (MPa)	平均最小值	40	50
	单块最小值	35	42
抗折强度 (MPa)	平均最小值	4.0	5.0
	单块最小值	3.2	4.2
厚度 (mm)	≥	80	100
防滑性 (BPN)	≥	60	60

2 人行道、非机动车道、广场和停车场采用再生集料混凝土铺装时,应采用强度高、收缩性小、耐磨性强的水泥。再生集料混凝土面层应设计纵向和横向接缝,当采用刚性基层时,面层缩缝和基层的结构缝位置应一致,缝内应填嵌柔性材料。再生集料混凝土面层应符合表 9.4.4-2 的规定。

表 9.4.4-2 再生集料混凝土用于面层的技术要求

指标		人行道、自行车道	广场、停车场
28d抗折强度 (MPa)	再生集料混凝土≥	4.0	4.5
	透水再生集料混凝土≥	4.0	4.0
厚度 (mm)	再生集料混凝土≥	180	200
	透水再生集料混凝土≥	200	250
表面构造深度 (mm)		0.7~0.9	0.7~0.9
耐磨性	磨坑长度/mm≤	30	30

注:透水再生集料混凝土的组合设计应符合《再生骨料透水混凝土应用技术规程》CJJ/T 253-2016和《透水水泥混凝土路面技术规程》CJJ/T 135的规定。

3 采用透水再生集料混凝土作为面层时,有效孔隙率不应小于 15%, 15℃透水系数不应小于 0.5mm/s。

4 透水路面的土基应具有一定的透水性能,土壤透水率不应小于 0.1mm/s,且土基顶面距离地下水位宜大于 1.0m。当土基、土壤透水系数及地下水位高程等条件不满足要求时,不宜修建透水路面;在修建透水路面时增加路面排水设计内容,避免对路基产生不良影响。

9.4.5 水泥稳定再生集料、再生集料混凝土可用于重及重以下交通荷载等级的公路、市政道路基层;级配再生集料可用于中、轻交通荷载等级的公路、市政道路基层;透水路面的基层应选用有足够的强度、透水性能良好、水稳定性好的材料,可根据交通荷载等级采用级配再生集料、透水再生集料水泥混凝土等材料;应符合下列规定:

1 级配再生集料回弹模量在最佳含水率与压实度要求相应的干密度条件下为 200MPa~400 MPa,经湿度调整后为 300MPa~700 MPa。材料性能好、级配好或压实度大时取高值,反之取低值。

2 级配再生集料基层厚度宜为 300mm~500mm。对级配再生集料基层,压实度不应小于 99%。当采用级配再生集料作为透水路面的基层时,其级配应考虑透水、储水功能。

3 水泥稳定再生集料的组成设计应根据表 9.4.5-1 的强度标准,按照现行行业标准《公路工程无机结合料稳定料试验规程》(JTG E51)试验确定集料的级配、水泥掺量、混合料的最佳含水率和最大干密度。水泥掺量宜为 4%~7%,强度满足要求后还应检验其抗冲刷和抗裂性能。

表 9.4.5-1 水泥稳定再生集料基层的技术指标

道路等级	7d 龄期无侧限抗压强度标准 $R_d$ (MPa)			弯拉强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	压实度 (%)			适宜厚度 (mm)
	极重、特重交通	重交通	中、轻交通			极重、特重交通	重、中交通	轻交通	
高速公路、一级公路、城市快速路和城市主干路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0	1.5~2.0	18000~28000	≥98	≥98	≥97	≥350
二级及二级以下公路、城市次干路、支路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0	0.9~1.5	14000~20000	≥98	≥97	≥97	≥300
人行道、非机动车道、广场、停车场	2.0~4.0			0.9~1.5	14000~20000	≥97			≥220

注：基层厚度较厚时，应分两层施工碾压。

4 公路或城市道路基层采用再生集料混凝土时，应符合表 9.4.5-2 的规定，应设置横缝和纵缝并灌入填缝料。透水再生水泥混凝土可用于人行道、非机动车道、广场、停车场的基层，不宜用于机动车道下的基层。

表 9.4.5-2 再生集料混凝土基层的技术指标

道路等级	7d 龄期无侧限抗压强度 (MPa)	28d 龄期抗弯拉强度 (MPa)	厚度 (mm)
高速公路、一级公路、城市快速路和城市主干路	7.0~10.0	2.0~2.5	≥300
二级及二级以下公路、城市次干路、支路	7.0~10.0	2.0~2.5	≥200
人行道、非机动车道、广场、停车场	7.0~10.0	2.0~2.5 (1.0~2.0)	≥150

注：括号内指透水再生集料混凝土基层的值。

5 透水再生集料混凝土基层连通孔隙率不应小于 10%，15℃透水系数不应小于 0.5mm/s。

9.4.6 各交通荷载等级城市道路或公路的底基层可采用水泥稳定再生集料，重交通荷载等级及以下交通荷载等级的城市道路或公路的底基层可采用级配再生集料。应符合下列规定：

1 在最佳含水率与压实度要求相应的干密度条件下，级配再生集料回弹模量为 180MPa~250 MPa，经湿度调整后为 190MPa~440 MPa。材料性能好、级配好或压实度大时取高值，反之取低值。

2 级配再生集料底基层压实度应不小于 97%，厚度宜为 200mm~400mm。

3 水泥稳定再生集料底基层的技术指标应符合表 9.4.6-1 的规定。

表 9.4.6-1 水泥稳定再生集料底基层的技术指标

道路等级	7d 龄期无侧限抗压强度标准 $R_d$ (MPa)			弯拉强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	压实度 (%)			厚度 (mm)
	特重、极重	重交通	中、轻交通			极重、特重交通	重、中交通	轻交通	
高速公路、一级公路、城市快速路和城市主干路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0	1.5~2.0	18000~28000	≥97	≥97	≥96	≥200
二级及二级以下公路、城市次干路、支路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0	0.9~1.5	14000~20000	≥97	≥96	≥96	≥200

注：基层厚度较厚时，应分两层施工碾压。

9.4.7 高速公路、一级公路、城市快速路和城市主干路在极重、特重交通荷载等级下，基层、底基层的压实度标准可提高1~2个百分点。

9.4.8 地下水位高、排水不良的路段、有裂隙水、泉眼等水文条件不良岩石挖方路段，在基层或底基层与路床间设粒料层；各交通荷载等级的粒料层可应用级配再生集料，应符合下列规定：

- 1 小于0.075mm的颗粒含量不应大于5%。
- 1 粒料层应与路基边缘或与边沟下渗沟相连接，厚度不宜小于150mm。
- 2 粒料层所用的级配再生集料应取用最佳含水率和压实度要求相应的干密度条件下的试验值。
- 3 级配再生集料粒料层的压实度不应小于96%。

9.4.9 水泥稳定再生集料应采用厂拌设备进行集中拌和，对于高速公路、一级公路、城市快速路和城市主干路，应采用专用稳定材料拌和设备拌制混合料；集中拌和时，应符合下列要求：

- 1 应根据再生集料和混合料含水率的大小，及时调整加水量。
- 2 拌合时含水率宜略大于最佳值，以便使再生集料混合料运到现场摊铺后碾压时的含水率不小于最佳值。

9.4.10 再生集料混合料的拌和应符合以下规定：

- 1 在正式拌制再生集料混合料之前，应先调试所用的设备，使再生集料混合料的颗粒组成和含水率都达到规定的要求。
- 2 当采用连续式拌和设备拌和时，应保证再生集料混合料的最大粒径和级配符合要求。
- 3 再生集料的级配组成发生变化时，应重新调试。

9.4.11 应尽快将拌成的再生集料混合料运送到铺筑现场；运输过程应覆盖，减少水分损失。

9.4.12 再生集料混合料结构层施工时，应在混合料处于含水率允许的范围内进行碾压。

9.4.13 在潮湿多雨地区或雨季施工时，应采取覆盖等措施，防止再生集料，特别是细集料（如再生细集料、石屑和砂等）遭受雨淋；降雨时应停止施工，已经摊铺的混合料应碾压密实。

9.4.14 再生集料在公路、城市道路中路面结构的施工、养护应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）、《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）、《透水水泥混凝土路面技术规范》（CJJ/T 135）、《工程施工废弃物再生利用技术研究》（GB/T 50743）的有关规定。

## 9.5 砖砌体结构

9.5.1 再生集料砌块、再生集料多孔砖和再生集料实心砖可用于砖砌体结构。

9.5.2 再生集料砖砌（砌块）体结构的一般构造要求除应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》（GB 50003）的规定外，还应符合下列规定：

- 1 不应在截面长边小于500mm的再生砖（砌块）承重墙体、独立柱内埋设管线；

2 不应在墙体中穿行暗线或预留、开凿沟槽。

9.5.3 在室内地面以下室外散水坡顶面以上的再生混凝土砌块砌体内，应铺设防潮层，防潮层宜采用防水水泥砂浆。

9.5.4 地面以下或防潮层以下的再生混凝土砌块砌体，其孔洞应采用强度等级不低于 C20 的再生混凝土灌实。

9.5.5 砌筑用再生集料砂浆的强度等级不宜低于 M5.0，施工阶段砂浆尚未硬化的新砌砌体，可按砂浆强度为 0 确定其砌体强度。

9.5.6 再生集料在以下砖砌体结构中的应用、计算以及工程措施等内容应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》（GB 50003）的规定：

1 再生集料砂浆运用于砌体结构。

2 再生集料砖（砌块）砌体结构圈梁、过梁、墙梁及挑梁。

3 再生集料砖（砌块）框架填充墙和夹芯墙。

4 再生集料砖（砌块）砌体结构的墙、柱的高厚比验算。

5 当需要计算承载能力、稳定性和局部承压时。

6 再生集料砖（砌块）墙体开裂的主要措施。

7 用于砌体结构的再生集料混凝土砖（砌块）制品的强度等级。

8 再生集料混凝土砖（砌块）砌体的强度按照再生混凝土砖（砌块）和砂浆的强度等级，可参照现行《砌体结构设计规范》（GB 50003）确定。

9.5.7 当有抗震设防时，应按现行《建筑抗震设计规范》（GB 50011）布置圈梁和构造柱，并根据情况作抗震验算。

9.5.8 其他方面，除本规范有明确的规定外，可参照《轻集料混凝土小型空心砌块》（GB 15229）和《普通混凝土小型砌块》（GB 8239）执行。

9.5.9 再生集料砖砌体结构施工参照《砌体结构工程施工规范》（GB50924）的规定执行。

## 10 检验与验收

### 10.1 一般规定

10.1.1 级配再生集料、水泥稳定再生集料、再生集料混凝土制品等进场时应验收质量证明文件，包括进场检验报告等。

### 10.2 再生集料检验

10.2.1 用于混凝土再生粗集料，应按现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177）对其泥块含量、吸水率、压碎指标、表观密度和杂物含量进行检验；

10.2.2 用于混凝土或砂浆的细集料，应按现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176）对其泥块含量、吸水率比和表观密度进行检验；

10.2.3 用于制备砌块和砖的再生粗集料，应按现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177）对其泥块含量和吸水率进行检验；制备砌块和砖的细集料，应现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176）对其泥块含量进行检验；

10.2.4 用于市政工程、公路工程的再生集料按现行行业标准《公路工程集料试验规程》（JTG E 42）、《公路土工试验规程》（JTG E40）和本规范附录 A 的规定进行检验。

10.2.5 同一厂家、同一类别、同一规格、同一批次的再生集料，每 400m<sup>3</sup> 或 600t 为一批，不足 400m<sup>3</sup> 或 600t 亦为一批。

10.2.6 再生集料的检测结果应符合本规范第 3.2 的规定。当有一项指标达不到要求时，可从同一批产品中加倍取样，对不符合要求的项目进行复检。复检结果合格的，可判定该产品为合格产品，否则应判定为不合格产品。

### 10.3 级配再生集料检验

10.3.1 级配再生集料进场应验收质量证明文件，包括进场检验报告等。

10.3.2 级配再生集料的砖集料含量按本规范附录 A 的规定执行；颗粒级配、压碎值按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E 42 规定的有关方法执行；CBR 按现行行业标准《公路土工试验规程》规定的有关方法执行，检测结果应符合本规范第 4.2 的规定。

10.3.3 级配再生集料按同来源、同级配、同类别 400m<sup>3</sup> 为一批，不足 400m<sup>3</sup> 亦为一批。

## 10.4 水泥稳定再生集料检验

10.4.1 水泥稳定再生集料进场应验收原材料的质量证明文件，包括进场检验报告等。水泥稳定再生集料原材料中水泥应符合本规范 5.2.7 的规定；再生级配集料应符合本规范第 4.2、4.3 条的规定；水应符合国家现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）的规定。

10.4.2 水泥稳定再生集料各项试验应按行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规定》（JTG E51）的相关规定进行，检测结果应符合本规范第 5.2 的规定。

10.4.3 再生级配集料按本规范第 10.2.5 条的要求抽查；水泥和水按不同材料进场批次，每批抽查 1 次。

## 10.5 再生集料砂浆检验

10.5.1 现场配制的再生集料抹灰砂浆的施工质量验收应按现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》（JGJ/T 220）的规定执行；再生集料砌筑砂浆、再生集料地面砂浆和预拌再生集料抹灰砂浆的施工质量验收应按现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》（JGJ/T 223）的规定执行。

10.5.2 再生集料抹灰砂浆所用原材料的品种和性能应符合设计和本规范的规定。水泥的强度和安定性复验应合格，界面剂的粘结性能复验应合格。

检查方法：检查产品合格证书、进场（厂）验收记录、复验报告。

10.5.3 再生集料抹灰砂浆的品种、配合比应符合设计和本规范的规定。

检查方法：检查工程设计文件、施工记录。

10.5.4 再生集料抹灰砂浆抗压强度试块应符合下列规定：

- 1 再生集料抹灰砂浆抗压强度验收时，同一验收批砂浆试块不应少于 3 组。
- 2 再生集料抹灰砂浆试块应在使用地点或出料口随机取样，砂浆稠度应与实验室的稠度一致。
- 3 再生集料抹灰砂浆试块的养护条件应与实验室的养护条件相同。

10.5.5 同一检验批的再生集料抹灰砂浆试块抗压强度平均值应大于或等于设计强度等级值，且抗压强度最小值应大于或等于设计强度等级值得 75%。当同一验收批试块少于 3 组时，每组试块抗压强度均应大于或等于设计强度等级值。

10.5.6 对同品种、同强度等级的再生集料砌筑砂浆，湿拌再生集料砌筑砂浆应以 50m<sup>3</sup> 为一个检验批，干混再生集料砌筑砂浆应以 100t 为一个检验批；不足一个检验批的数量时，应按一个检验批计。

10.5.7 再生集料砌筑砂浆的每检验批应至少留置 1 组抗压强度试块。

10.5.8 再生集料砌筑砂浆取样时，干混再生集料砌筑砂浆宜从搅拌机出料口、湿拌再生集料砌筑砂浆宜从运输车出料口或储存容器随机取样。再生集料砌筑砂浆抗压强度试块的制作、养护、试压等应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》（JGJ/T70）的规定，龄期应为 28d。

10.5.9 再生集料砌筑砂浆抗压强度应按验收批进行评定，其合格条件应符合下列规定：

1 同一验收批再生集料砌筑砂浆试块抗压强度平均值应大于或等于设计强度等级所对应的立方体抗压强度的 1.10 倍，且最小值应大于或等于设计强度等级所对应的立方体抗压强度的 0.85 倍；

2 当同一验收批再生集料砌筑砂浆抗压强度试块少于 3 组时，每组试块抗压强度值应大于或等于设计强度等级所对应的立方体抗压强度的 1.10 倍。

检验方法：检查砂浆试块抗压强度检验报告单。

10.5.10 对同一品种、同一强度等级的再生集料地面砂浆，每检验批且不超过 1000m<sup>2</sup> 应至少留置一组抗压强度试块。抗压强度试块的制作、养护、试压等应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》（JGJ/T 70）的规定，龄期应为 28d。

10.5.11 地面砂浆抗压强度应按验收批进行评定。当同一验收批地面砂浆试块抗压强度平均值大于或等于设计强度等级所对应的立方体抗压强度值时，可判定该批地面砂浆的抗压强度为合格；否则，应判定为不合格。

检验方法：检查砂浆试块抗压强度检验报告单。

## 10.6 再生集料混凝土制品检验

### 10.6.1 再生集料砌块检验

1 再生集料砌块进场时，应按规定批次检查型式检验报告、进场检验报告及合格证等证明文件。

2 再生集料混凝土砌块型式检验应包括放射性及本规范第 8.2 条规定的所有项目；再生集料砌块进场时，应对尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度进行检验。

3 再生集料混凝土砌块有下列情况之一者，应进行型式检验。

- (1) 新产品投产或产品定型鉴定时；
- (2) 正常生产后，原材料、配比和生产工艺改变时；
- (3) 正常生产时，每年进行一次；
- (4) 停产 3 个月以上恢复生产时；
- (5) 进场检验与上次型式检验结果有较大差异时。

4 再生集料混凝土砌块按规格、种类、龄期和强度等级分批验收。以同一种原材料配制成的相同规格、龄期、强度等级和相同工艺生产的 500m<sup>3</sup> 且不超过 3 万块再生集料混凝土砌块为一批，每周生产不足 500m<sup>3</sup> 且不超过 3 万块再生集料混凝土砌块按一批计。

5 每批随机抽取 32 块进行检验。受检的 32 块砌块中，尺寸允许偏差和外观质量的不合格数不超过 4 块时，应判定该批砌块尺寸允许偏差和外观质量合格，否则，应判定该批尺寸允许偏差和外观质量为不合格。从尺寸允许偏差和外观质量合格的样品中随机抽取 5 块进行抗压强度检验，当抗压强度符合本规范 8.2 的规定时，应判定该批产品合格，否则，应判定该批产品不合格。

6 再生集料砌块相关性能的试验方法按现行国家标准《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111 的相关规定执行。



### 10.6.2 再生集料混凝土实心砖、多孔砖的检验

1 再生集料混凝土实心砖、多孔砖进场时，应按规定批次检查型式检验报告、进场检验报告及合格证等证明文件。

2 再生集料实心砖、多孔砖型式检验应包括本规范第 8.3、8.4 条规定的所有项目；再生集料实心砖、多孔砖进场时，应对尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度进行检验。

3 再生集料混凝土实心砖、多孔砖有下列情况之一者，应进行型式检验。

- (1) 新厂生产试制定型检验；
- (2) 正式生产后，原材料、工艺等发生较大的改变，可能影响产品性能时；
- (3) 正常生产时，每半年进行一次；
- (4) 产品停产 3 个月以上恢复生产时；
- (5) 进场检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- (6) 国家质量监督机构提出进行型式检验时。

4 同一检验批应由原材料、配合比及生产工艺基本相同且同一强度等级的再生集料混凝土实心砖、多孔砖组成，每 10 万块为一检验批，不足 10 万块按一检验批计。

5 每批随机抽取 50 块进行检验。在 50 个试件中，外观质量和尺寸偏差不合格试件总数不大于 7，应判定外观质量和尺寸偏差合格；否则，应判定外观质量和尺寸偏差不合格。从外观质量和尺寸偏差合格的样品中随机抽 10 块样品进行抗压强度检验，当抗压强度符合本规范第 8.3.5、8.4.5 的要求时，应判该检验批为相应级别的合格产品；否则为不合格品。

6 外观质量、尺寸偏差及抗压强度检测方法按现行国家标准《砌墙砖试验方法》（GB/T 2542）的相关规定执行。

### 10.6.3 再生集料混凝土路面砖检验

1 再生集料混凝土路面砖进场时，应按规定批次检查型式检验报告、进场检验报告及合格证等证明文件。

2 再生集料混凝土路面砖型式检验应包括本规范第 8.5 条规定的所有项目；再生集料路面砖进场时，应对尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度进行检验，对透水性能有要求的应同时进行透水系数检验。

3 再生集料混凝土路面砖有下列情况之一者，应进行型式检验。

- (1) 新产品的试制定型鉴定或老产品转厂生产时；
- (2) 生产中原材料、类别、混凝土配合比或工艺有较大改变时；
- (3) 正常生产时，每半年进行一次；
- (4) 进场检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- (5) 产品长期停产后，恢复生产时。

4 同一类别、同一规格、同一强度等级、铺装面积为 3000 平米的再生集料路面砖为一批量，不足 3000 平米亦可为一批量计。

5 外观质量及尺寸偏差的抽样及评定规则按国家现行标准《混凝土路面砖》（GB/T 28635）的相关规定执行；从外观质量及尺寸偏差合格的样品中各抽取 10 块及 3 块试样分别进行抗压强度和透水系数检测。

6 外观质量、尺寸偏差及抗压强度的试验方法按国家现行标准《混凝土路面砖》（GB/T 28635）的相关规定执行；透水系数的试验方法按国家现行标准《透水路面砖和透水路面板》（GB/T 25993）的相关规定执行。

## 10.7 地基处理施工质量验收

10.7.2 再生集料 CFG 桩质量验收应符合国家现行标准《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）的相关规定。

10.7.3 再生集料强夯置换桩质量验收应符合国家现行标准《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79）的相关规定。

## 10.8 路基施工质量验收

10.8.1 路基施工质量验收应符合国家现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）或《公路工程质量检验评定标准(土建工程)》（JTG F80/1）的相关规定。

10.8.2 管腔回填施工质量验收应符合国家现行标准《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268）的相关规定。

## 10.9 路面施工质量验收

### 10.9.1 人行道、非机动车道、广场和停车场的面层施工质量验收

1 再生集料混凝土路面砖面层施工质量验收中，技术要求应符合本规范第 8.5、第 9.4.3 的规定，本规范未规定的技术要求以及检验项目、检验数量及检验方法应符合国家现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）中关于铺砌式面层、广场与停车场面层、人行道铺筑的相关规定。

2 再生集料混凝土面层施工质量验收中，技术要求应符合本规范第 7、第 9.4.3 的规定，本规范未规定的技术要求以及检验项目、检验数量及检验方法应符合国家现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）中关于水泥混凝土面层、广场与停车场面层、人行道铺筑的相关规定。

### 10.9.2 基层、底基层、粒料层施工、质量验收

1 城市道路与公路的路面基层、底基层、粒料层关于铺筑试验段、施工过程检测、质量检查等内容应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的相关规定，并且提高施工过程对材料含水率、级配的检测频率。

2 城市道路路面基层、底基层、粒料层质量验收中，技术要求应符合本规范第 4、第 5、第 7 及第 9.4.4 的规定，本规范未规定的技术要求以及检验项目、检验数量及检验方法应符合国家现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）中关于级配碎石基层、水泥稳定土类基层的相关规定。

3 公路路面基层、底基层、粒料层施工质量验收中，技术要求应符合本规范第 4、第 5、第 7 及第 9.4.4 的规定，本规范未规定的技术要求以及检验项目、频率和检查方法应符合国家现行标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1）中关于级配碎石基层、水泥稳定粒料基层和底基层、的相关规定。

### **10.10 砖砌体结构施工质量验收**

10.10.1 再生集料砖砌体工程质量验收应符合国家现行标准《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB50203）的相关规定。

## 附录 A 建筑废弃物再生集料杂物含量与砖集料含量试验方法

A.0.1 再生集料试样的最小取样应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 再生集料取样数量

最大公称粒径 (mm)	4.75	9.5	19.0	26.5	31.5	37.5
最少取样数量 (kg)	10	20	40	40	60	60

A.0.2 测定再生粗集料杂物含量时,需将试样通过 4.75mm 方孔筛,取筛上部分进行试验;测定细集料杂物含量时,将粒径大于公称粒径 4.75mm 和小于公称粒径 0.3mm 的颗粒筛去。将试样缩分至不小于表 A.0.2 规定的数量,置于温度为  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  的烘箱烘干至恒重,称重后用人工分选的方法选出混凝土、石以及金属、塑料、沥青、木头、玻璃、草根、树叶、纸张、石灰、石膏、皮毛、煤块、炉渣和砖等杂物,然后称量混凝土、石总质量以及各种杂物总质量,并计算杂物所占总质量的百分比。

表 A.0.2 测定杂物含量所需再生集料试样数量

最大公称粒径 (mm)	4.75	9.5	19.0	26.5	31.5	37.5
最少取样数量 (kg)	1.5	4.0	8.0	8.0	15.0	15.0

A.0.3 砖集料含量为砖集料质量所占总质量的百分比。

A.0.4 试验结果取 2 次平行试验的平均值,精确至 0.1%。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：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用词：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用词：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用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

1. 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
2. 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
3. 《混凝土外加剂》 GB 8076
4. 《承重混凝土多孔砖》 GB 25779
5. 《砌体结构设计规范》 GB 50003
6. 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
7. 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
8. 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
9. 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
10. 《砌体结构工程施工质量验收规范》 GB 50203
11. 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
12. 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
13. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
14. 《砌墙砖试验方法》 GB/T 2542
15. 《混凝土砌块和砖试验方法》 GB/T 4111
16. 《建设用砂》 GB/T 14684
17. 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
18. 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
19. 《非承重混凝土空心砖》 GB/T 24492
20. 《混凝土和砂浆用再生细骨料》 GB/T 25176
21. 《混凝土用再生粗骨料》 GB/T 25177
22. 《预拌砂浆》 GB/T 25181
23. 《工程施工废弃物再生利用技术规范》 GB/T 50743
24. 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
25. 《公路路基设计规范》 JTG D30
26. 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTG D40
27. 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
28. 《公路土工试验规程》 JTG E40
29. 《公路工程集料试验规程》 JTG E42

30. 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
31. 《公路路基施工技术规范》 JTG F10
32. 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F 40
33. 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》 JTG F80/1
34. 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
35. 《公路工程施工质量验收规范》 DGJ 08-119
36. 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
37. 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37
38. 《建筑垃圾处理技术规范》 CJJ 134
39. 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
40. 《城市道路路基设计规范》 CJJ 194
41. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
42. 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
43. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
44. 《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》 JGJ/T 14
45. 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
46. 《砌筑砂浆配合比设计规程》 JGJ 98/T
47. 《机械喷涂抹灰施工规程》 JGJ/T 105
48. 《抹灰砂浆技术规程》 JGJ/T 220
49. 《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
50. 《再生骨料应用技术规程》 JGJ/T 240
51. 《混凝土和砂浆用天然沸石粉》 JG/T 3048
52. 《城镇道路建筑垃圾再生路面基层施工与质量验收规范》 DB11T 999
53. 《再生骨料应用混凝土技术规程》 CJJ/T253
54. 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 GB50325

广东省标准

# 建筑废弃物再生集料应用技术规范

**Technical specification for application of recycled construction and demolition  
waste aggregate**

DBJ/T15-159-2019

条文说明



# 制订说明

《建筑废弃物再生集料应用技术规范》（DBJ/T15-159-2019），经广东省住房和城乡建设厅 2019 年 7 月 25 日以粤建公告（2019）32 号批准发布。

本规范制订过程中，编制组进行了建筑废弃物再生集料应用的调查研究，总结了国内建筑废弃物再生集料应用的实践经验，通过研究分析取得了建筑废弃物再生集料应用的重要技术参数等。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《建筑废弃物再生集料应用技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

# 目 录

1	总则	41
3	再生集料	42
3.1	一般规定	42
3.2	技术要求	42
4	级配再生集料	44
4.1	一般规定	44
4.2	技术要求	44
4.3	级配设计	44
5	水泥稳定再生集料	45
5.1	一般规定	45
5.2	原材料要求	45
5.3	混合料要求	45
5.4	配合比设计	45
6	再生集料砂浆	46
6.1	一般规定	46
6.2	技术要求	46
6.3	配合比设计	46
6.4	再生集料砂浆的制备	47
7	再生集料混凝土	48
7.1	一般规定	48
7.2	技术要求	48
7.3	配合比设计	49
7.4	再生集料混凝土的制备	49
8	再生集料混凝土制品	50
8.2	再生集料混凝土砌块技术要求	50
8.3	再生集料混凝土实心砖技术要求	50
9	再生集料工程应用	51
9.1	一般规定	51
9.2	地基处理	51
9.3	路基及管腔回填	51
9.4	路面	51
9.5	砖砌体结构	53
10	检验与验收	54
10.1	一般规定	54
10.2	再生集料检验	54
10.5	再生集料砂浆检验	54
10.6	再生集料混凝土制品检验	54
10.9	路面施工质量验收	55
10.10	砖砌体结构施工质量验收	55

# 1 总则

1.0.2 本规范规定了建筑废弃物再生集料的生产及应用（包括级配再生集料、水泥稳定再生集料、再生集料砂浆、再生集料混凝土、再生集料混凝土制品等），对其在市政工程、公路工程 and 建筑工程中的设计、施工、检验及验收提出了技术指标和要求。

1.0.3 下列情况下的建筑废弃物不得应用于生产再生集料：

- 1 建筑废弃物来自于特殊使用场合的混凝土（如核电站、医院放射室等）；
- 2 建筑废弃物中硫化物含量高于600mg/L；
- 3 建筑废弃物已受重金属或有机物污染；
- 4 建筑废弃物已受硫酸盐或氯盐等腐蚀介质严重侵蚀；
- 5 原混凝土已发生严重的碱-集料反应。

## 3 再生集料

### 3.1 一般规定

3.1.2 再生集料生产设备的核心为破碎机，破碎机的工作原理对产品技术指标的好坏有直接影响。国内外的实体工程经验表明，采用反击式破碎机可得到品质和规格较好的再生集料。其次，再生集料的生产关键在于控制好分选、洁净、冲洗等环节的工艺技术和质量，因此常见的破碎设备不能直接用于再生集料的生产，需要进行加工改造，使其具备回流、分拣等功能。

已有的大量研究表明，再生集料性能虽与原生集料不能完全相同，但再生集料混合料的性能可以满足公路、城市道路以及建筑工程部分标准的要求。将再生集料用于道路工程时，较常见的是再生粗集料部分取代或全部取代天然集料，再生细集料则多用于再生砖或再生砌块的生产，但也有部分工程应用实例采用了再生细集料部分替代原生细集料的做法。不同再生集料品质不同，性能各异，以及不同工程及部位对再生集料的技术指标要求也不同，使得再生集料取代原生集料的比例范围很宽泛。根据目前国内的技术水平，一般情况下，再生集料取代原生集料的质量百分比不低于30%，甚至可以达到100%。所以，针对再生集料的技术指标提出要求，鼓励行业内充分利用现有技术提高再生集料的取代比例，可逐步提高建筑废弃物的再生利用率。

### 3.2 技术要求

3.2.1 本条参照《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176）和《混凝土用再生粗骨料》（GB/T 25177），不降低混凝土和砂浆用再生细集料和混凝土用再生粗集料的相关要求。

2. 微粉含量、泥块含量、云母含量、表现密度小于 2000kg/m<sup>3</sup> 物质的含量、硫化物及硫酸盐含量、氯化物含量、坚固性值、单级最大压碎指标值按照 GB/T14684 中规定的试验方法执行。

3. 微粉含量、泥块含量、针片状颗粒含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、坚固性指标值、压碎值、表观密度、空隙率按照 GB/T14685 中规定的试验方法执行确定，氯化物含量按照 GB/T14684 中规定的试验方法执行确定，吸水率按照 GB/T17431.2 中规定的试验方法执行确定，杂物含量按照 GB/T25177 中规定的试验方法执行确定。

3.2.2 建筑废弃物再生集料在广东省市政工程及公路工程已有诸多成功应用的经验。由广东冠南环境工程科技有限公司、广州大学、广州市市政工程设计研究总院有限公司、广州市道路工程研究中心等参与，已在洲头咀隧道引道工程、广明高速、广州大桥扩建等工程中成功应用了建筑废弃物再生集料，积累了一定的试验数据与成功使用的经验。根据现有的研究成果，结合现行规范，提出了建筑废弃物再生集料适用的工程部位。

再生集料在路基的应用要求参照了《公路路基设计规范》JTG D30、《城市道路路基设计规范》（CJJ194）、《城市道路工程设计规范》（CJJ 37）、《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）、《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）和《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）等规范中关于原材料的要求确定。

再生集料以及水泥稳定再生集料和级配再生集料在基层、底基层的应用要求参照了《公路路基设计规范》（JTG D30）、《城市道路路基设计规范》（CJJ194）、《城市道路工程设计规范》（CJJ 37）、《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）、《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）和《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）等规范中关于原材料的要求确定。同时也对杂物含量进行了规定，保证再生集料及其水泥稳定料的路用性能。

## 4 级配再生集料

### 4.1 一般规定

4.1.1 已有的研究成果及工程应用经验表明，在严格的质量控制下，再生集料具有较好的路用性能。本规范对再生集料的应用范围作了规定，限制了在路面基层、底基层和粒料层应用时的交通荷载等级，在后续的工程实践中进一步对材料的应用范围进行修正。

4.1.2 本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20），不降低对级配再生集料的级配要求。在道路工程中，级配再生集料可以用做沥青路面和水泥混凝土路面的基层和底基层，也可用做粒料层（路基改善层）；在排水良好的前提下，可在不同气候区用于不同交通等级的道路上；在潮湿多雨地区使用级配型集料特别有利。级配再生集料的基本要求参照现行规范确定，应在不降低现行规范技术指标要求的前提下使用级配再生集料。

### 4.2 技术要求

4.2.2 依据广州大学完成的《广州市路用再生集料技术指引》及其研究报告，级配再生集料中砖集料含量对级配碎石的强度有较为显著的影响。通过试验结果统计，当砖集料含量小于 5%时，级配再生集料的 CBR 值超过 150；当砖集料含量不大于 20%时，级配再生集料的 CBR 值超过 100，满足重交通等级及以下交通等级的路面基层和底基层 CBR 强度要求。根据已有研究成果，结合再生集料的均匀性特征，本规范规定了级配再生集料中的砖集料含量。

4.2.3 本条参照《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20，因不考虑在极重、特重交通等级的道路基层、底基层应用级配再生集料，所以删除了极重、特重交通等级对 CBR 强度的要求。

### 4.3 级配设计

本节参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）。

## 5 水泥稳定再生集料

### 5.1 一般规定

5.1.1 广东地区的无机结合料稳定材料大都采用水泥为结合料，很少采用石灰、粉煤灰等作为结合料。因此，对于无机结合料稳定再生集料材料，本规范只考虑了水泥稳定类。

5.1.3 水泥稳定再生集料的设计、生产和施工基本流程与原生集料无异，但由于再生集料的吸水率较原生集料高，常规方法设计得到的最佳含水率较大，易导致材料产生较大的干缩，不利于再生集料的推广应用。考虑到常规设计方法的局限性，建议采用旋转压实或振动成型的方法设计水泥稳定再生集料，降低吸水率过高的不良影响。

### 5.2 原材料要求

5.2.1 依据广州大学完成的《广州市路用再生集料技术指引》及其研究报告，再生集料中砖集料含量对水泥稳定再生集料的强度有较为显著的影响。通过试验结果统计，当砖集料含量等于5%、水泥用量5%时，水泥稳定再生集料的7d无侧限抗压强度大于4.0MPa；当砖集料含量等于15%、水泥用量6%时，水泥稳定再生集料的7d无侧限抗压强度大于3.0MPa，满足重交通等级及以下交通等级的路面基层和底基层CBR强度要求。根据已有研究成果，结合再生集料的均匀性特征，本规范规定了水泥稳定再生集料中的砖集料含量。

5.2.2 本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）。

5.2.3 本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20），并限制了水泥稳定再生集料在高速公路和快速路底基层应用时的级配范围。

5.2.4 本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20），并严格了材料的液限要求。

5.2.5 再生集料的变异性较原生集料大，除了受级配影响外，还受其他因素的影响，例如来源、原始混凝土的强度等级、破碎程序等。因此在施工过程中应对其进行预先筛分，采用更加严格的控制手段保证材料均匀性。

### 5.3 混合料要求

5.3.1 本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20），考虑再生集料变异性较大的特点，提高了各交通荷载等级下材料的强度要求

### 5.4 配合比设计

5.3.1本条参照《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20），增加了杂物含量试验。

## 6 再生集料砂浆

### 6.1 一般规定

6.1.1 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的相关规定。

6.1.2 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的相关规定。再生集料砂浆采用的水泥的强度等级应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定。在配制砂浆时要尽可能选用低强度等级水泥和砌筑水泥，以合理利用资源、节约材料。6.1.3 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240 的规定，因为面层对耐磨性要求较高，再生集料砂浆往往难以达到，所以再生集料砂浆用于地面砂浆时，宜用于找平层而不宜用于面层。

### 6.2 原材料要求

6.2.1 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的规定，规定了再生集料砂浆使用原料应符合的标准要求。再生集料砂浆所用原材料必须符合国家现行有关标准，原材料在使用前也应按国家现行有关标准复检其质量指标，以控制再生集料砂浆的质量。

6.2.2 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240 的规定。

6.2.3 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的规定。根据现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 的相关规定，I类再生细集料技术性能指标已经类似于天然砂，因此其在砂浆中的强度等级应用范围不受限制。但II类再生细集料、III类再生细集料由于综合品质不及原生集料，虽然实际验证试验中也可以配制出M20等较高强度等级的砂浆，但为可靠起见，规定II类再生细集料一般只适用于M15及以下的砂浆的配制，III类再生细集料一般只适用于M10及以下的砂浆的配制。

### 6.3 技术要求

6.3.1 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的相关规定。

6.3.2 该指标要求参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743-2012 的相关规定。

### 6.4 配合比设计

6.4.1~6.4.5 条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB 50743 的相关规定。本规范提出的再生集料砂浆配合比设计方法适用于现场配制的砂浆和预拌砂浆中的湿拌砂浆。由于再生细集料的吸水率较天然砂大，配制的砂浆抗裂性能相对较差，因此对于抗裂性能要求较高的抹灰砂浆或地面砂浆，再生



细集料取代率不宜过大，一般限制在 50%以下为宜。对于砌筑砂浆，其需要充分保证砌体强度，所以在无技术资料可借鉴的情况下，再生细集料取代率不得超过 50%。

## 6.5 再生集料砂浆的制备

6.5.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的规定。该条规定的是再生集料预拌砂浆的制备和施工。准备包括有原料储存、计量、搅拌生产等环节，根据国家现行标准《预拌砂浆》 GB/T 25181 的有关规定进行；进厂检查、砂浆储存、拌合、基层要求、施工操作等环节，根据现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223 的有关规定进行。

6.5.2~6.5.4 条参照《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的规定。现场拌制的砂浆在很多技术环节上与湿拌砂浆相似。不管是预拌砂浆或是现场拌制的砂浆，其施工要求都是一样的，因此现场配制的再生集料砂浆施工也根据现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223 的有关规定进行。

## 7 再生集料混凝土

### 7.1 一般规定

7.1.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240的相关规定。再生集料混凝土的拌合物性能试验方法按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB 50080的相关规定执行；力学性能试验方法及试件尺寸换算系数按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB 50081的相关规定执行；耐久性能和长期性能试验方法按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB 50082的相关规定执行；质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的相关规定；强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的相关规定；耐久性的检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的相关规定。

由于再生集料来源复杂，其氯离子含量、三氧化硫含量可能较原生集料高。氯离子含量等对混凝土，特别是钢筋混凝土和预应力混凝土的耐久性影响较大，因此本规范并没有降低掺用再生集料的混凝土中的氯离子含量、三氧化硫含量的相关要求，而是严格按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476的相关规定执行。

7.1.3 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240的相关规定。再生集料往往会增大混凝土的收缩和徐变，可能致使预应力损失的增大，所以本规范规定再生集料不得用于预应力混凝土的配制。

7.2 原材料要求 7.2.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240的相关规定。

7.2.2

2 由于I类再生粗集料的品质已经类似于常用原生粗集料的品质，因此其在混凝土中的强度等级应用范围不受限制。为充分保证结构的安全，限制达到II类产品技术性能指标要求的再生粗集料一般可适用于C40以下的混凝土的配制；而由于III类再生粗集料的品质相对较差，可能对结构混凝土或较高强度再生集料混凝土性能带来不利影响，因此限制其仅可用于C25以下的再生集料混凝土的配制。

3 虽然I类再生细集料主要技术性能指标已经类似于常用天然砂，但再生细集料中往往含有水泥颗粒或粉末，且现阶段采用再生细集料配制混凝土的应用实践相对较少，因此对再生细集料在混凝土的应用比再生粗集料的限制相对较为严格。由于III类再生细集料的品质较差，不得用于结构混凝土的配制。

### 7.3 技术要求

7.3.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》JGJ240的相关规定。由于本规范对于混凝土的再生集料性能指标要求与原生集料总体一致，所以本规范对再生集料混凝土的轴心抗压强度标准值、轴心抗压强度设计值、轴心抗拉强度标准值、轴心抗拉强度设计值、轴心抗压疲劳强度设计值、轴心抗拉疲劳强度

设计值、剪切变形模量和泊松比均可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行取值。

7.3.2 本条参照《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的相关规定。

7.3.3 本条参照《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的相关规定。

#### 7.4 配合比设计

7.4.1 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》 GBT 50743 和《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ55 的相关规定。本条文规定了试配强度的确定方法，强调再生集料混凝土的配合比应通过计算和试配确定，两者均不可缺少。和普通混凝土一样，试配强度应具有 95%的保证率。

7.4.2 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》 GBT 50743 的相关规定。

7.4.3 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》 GBT 50743 和《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的相关规定。规范编制时，对单一来源的废混凝土破碎得到的再生粗集料配制而成的再混凝土，不同再生粗集料取代率的再生混凝土试块抗压强度的试验结果进行了统计分析，其各强度等级总体的强度等级标准差  $\sigma$  与普通混凝土基本上是一致的。因此，其  $\sigma$  的取值与普通混凝土相同。而有资料表明，由不同来源的废混凝土破碎得到的再生粗集料配制而成的再生集料混凝土，其各强度等级总体的强度等级标准差  $\sigma$  大于普通混凝土。因此建议在再生粗集料的来源不明或者再生粗集料取代率较大时，应适当增大标准差。

7.4.5 本条参照《工程施工废弃物再生利用技术规范》 GBT 50743 的相关规定。大量试验结果表明，再生集料混凝土抗压强度与灰水比之间并非线性关系，本规范中再生混凝土配合比设计还是基于普通混凝土配合比设计方法，调整某些设计参数，经试验确定。

#### 7.5 再生集料混凝土的制备

7.5.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》 JGJ240 的相关规定。由于再生集料混凝土对干燥收缩更为敏感，预防混凝土早期收缩开裂尤为重要，所以对于再生集料混凝土应特别加强早期养护。

7.5.2 对再生混凝土拌和物浇筑时倾落的自由高度做出规定的目的是为了避免离析，当超出后，则应采用有效措施防止离析。

7.5.3 再生混凝土成型后，相比与普通混凝土应更加注意表面失水问题，否则可能由于内外湿差等引起收缩应力，致使表面混凝土产生裂缝。

7.5.4 蒸汽养护时，成型后应有一定的静停时间，强调升温、降温都不宜太快，以保证通汽升温时不发生温度裂缝。

## 8 再生集料混凝土制品

### 8.2 再生集料混凝土砌块技术要求

8.2.2 砌块生产中往往掺用石屑等破碎石材作为部分集料，此处对小于 0.15mm 的细石粉颗粒的限制参考了现行国家标准《普通混凝土小型砌块》GB 8239 的相关规定。

其他相关标准例如，若砌块中使用轻集料，则应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法第 1 部分：轻集料》GB/ T 17431.1 的相关规定，若砌块中使用重矿渣集料，则应符合现行行业标准《混凝土用高炉重矿渣碎石技术条件》YBJ 20584 的相关规定。

### 8.3 再生集料混凝土实心砖技术要求

8.3.1 本条参照现行国家标准《混凝土实心砖》GB/T 21144 和现行行业标准《非烧结垃圾尾矿砖》JC/T 422 的规定限定混凝土实心砖的最低强度等级为 MU15，但是为了拓宽再生集料的推广应用，本规范将再生集料实心砖的最低强度拓宽为 MU10。另外，考虑再生再生集料混凝土实心砖强度的离散性，在没可靠的试验根据情况下，限定再生集料混凝土实心砖的最高强度为 MU25。

## 9 再生集料工程应用

### 9.1 一般规定

9.1.3 虽然建筑废弃物再生集料的材料性能与原生材料有所差异,但要求在工程应用中所产生的建筑物、构筑物及铺设物的成品或其组成部分的技术要求与标准不得低于原生材料,需满足现行国家有关技术标准、设计规范、设计规程、设计细则等的要求。

### 9.2 地基处理

9.2.1 由于再生集料在地基处理中尚未大规模应用,在刚性桩、路基隔离墙处理地基的应用宜在取得一定经验后再进行。

9.2.3 本条参照《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(TG/T D31-02)的相关规定。

### 9.3 路基及管腔回填

9.3.2 本条参照《公路路基设计规范》JTG D30、《城市道路路基设计规范》(CJJ 194)的相关规定。由于再生集料在道路工程中尚未大规模应用,对于边坡高度大于 20m 的路堤宜在取得一定经验后再应用。

#### 9.3.4

2、3、4 条参照《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268)的相关规定。

### 9.4 路面

#### 9.4.4

1 本条对路面砖强度的要求主要参照了《混凝土路面砖》(GB 28635)以及《透水砖路面技术规程》(CJJ/T188)的相关要求;对厚度的要求主要参照了《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169)的相关要求,并结合广州市的工程设计经验进行了加厚。

2 本条主要参照了《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169)的相关要求,根据广东省多雨的特点,提高了表面构造深度的下限值;结合广州市的工程设计经验对抗折强度、厚度的指标进行了提高。

3 本条有效孔隙率主要参照了《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169)的相关要求,透水系数参照了《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T 135)的相关要求。

4 本条主要参照了《透水砖路面技术规程》(CJJ/T188)的相关要求。

#### 9.4.5

1 本条主要参照了《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的相关要求。

2 原材料的级配碎石用于路面基层时，常用厚度为 150mm~350mm，考虑再生集料目前尚未大量推广采用，且强度比原材料略低，从保证应用再生集料的工程质量的出发，对级配再生集料基层厚度适当加大。

3 再生集料表面多孔，对胶结材料有一定吸附作用，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，配制混合料时水泥剂量不宜小于 4%。但过多的增加水泥剂量，会使无机结合料稳定类材料收缩开裂，故水泥稳定再生集料基层的强度要求较高时，宜采取控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高材料强度。

无机结合料稳定层较薄时，路面发生疲劳开裂破坏的风险显著提高。因此，当路面结构中只有 1~2 层无机结合料稳定层时，需采用强度较高的无机结合料稳定类材料。在满足设计要求的前提下，需注意避免无机结合料稳定类材料无侧限抗压强度标准取得过高，以免产生过多裂缝导致路面反射裂缝增加。适当选取合适的无侧限抗压强度，增加基层厚度，可以减少反射裂缝。

原材料的水泥稳定碎石用于机动车道路面基层时常用厚度为 250mm~350mm，用于人行道、非机动车道、广场、停车场时一般厚度为 150mm~200mm。考虑再生集料目前尚未大量推广采用，从保证应用再生集料的工程质量的出发，对水泥稳定再生集料基层厚度适当加大。

4 关于刚性基层在路面结构中的技术要求，《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）与《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）、《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）和《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）存在较大差异，《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）对抗压强度、抗弯拉强度的要求均高于上述三本公路路面设计的相关规范。此处主要参照公路路面设计的理念，对抗压强度和抗弯拉强度提出较低要求，而通过增加基层厚度来控制开裂。

再生集料混凝土基层为刚性基层，当其与底基层的刚度比较大时，有可能产生较大的层底拉应力。弯拉强度也是控制疲劳开裂的重要调节因素，这类基层不宜采用过大的强度值，以免使基层与底基层的模量比仍处于高位，层底拉应力和相应的疲劳开裂得不到缓解。因此需要通过厚度来调节来控制其疲劳开裂。

5 本条主要参照了《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T 135）的相关要求。

#### 9.4.6

1 本条主要参照了《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的相关要求。

2 本条主要参照了《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的相关要求。

3 本条主要参照了《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）、《城镇道路路面设计规范》、（CJJ 169）的相关要求。

9.4.7 本条主要参照了《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的相关要求。

9.4.8 本条主要参照了《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）、《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）的相关要求。

9.4.9 再生集料表面多孔，对胶结材料有吸附作用，使胶结材料不易拌和均匀，混合料拌合应采用集中厂拌生产。

9.4.11~9.4.13 再生集料吸水率大，配置再生集料混合料的最佳含水率一般在 8%~16%范围内，混合料含水率增加易导致碾压粘辊现象，应严格控制混合料碾压含水率，不宜在雨季施工。

## 9.5 砖砌体结构

9.5.3 此条参照《砌体结构设计规范》（GB50003）条文说明 5.2.2 节。

9.5.5 砂浆强度等级参照《砌体结构设计规范》（GB50003）条文说明 3.1 节的相关规定，施工阶段砂浆强度同《砌体结构设计规范》（GB50003）正文 3.2 节中各表所示。

### 9.5.6

1 再生集料砂浆可应用于建（构）筑物砌体结构。结构设计应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定。

6 参考《砌体结构设计规范》（GB50003）条文说明 3.2 节，且砌块强度分项系数取 1.7。

8 由于再生混凝土砌块强度具有离散性，在缺乏可靠的试验根据的情况下，应该遵照本条文规定。

## 10 检验与验收

### 10.1 一般规定

10.1.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)。

### 10.2 再生集料检验

10.2.1-10.2.3、10.2.5 参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)。

### 10.5 再生集料砂浆检验

本节参照《抹灰砂浆技术规程》(JGJ/T 220)和《预拌砂浆应用技术规程》(JGJ/T 223)。

### 10.6 再生集料混凝土制品检验

#### 10.6.1 再生集料砌块检验

1 再生集料砌块各项性能指标达到要求才能进场。产品进场时,应提供产品质量合格证,合格证一般应标明生产厂信息、产品名称、批量及编号、产品实测技术性能和生产日期等。

2 根据产品具体情况,再生集料混凝土砌块的型式检验和进场检验一般是依据企业标准或参考现行相关行业标准或国家标准执行。所以,再生集料混凝土砌块型式检验和进场检验项目可以根据企业所依据标准情况而定,但是型式检验应包含有放射性及本规范第 8.1.2 节所列所有项目,进场检验应包含有本规范第 8.1.2 节所列的尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度等项目。放射性按照现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》(GB 6566)相关规定执行。

再生集料砌块的进场检验项目一般应包括尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度;若是根据工程需要用户方提出更多进场检验项目要求,则供需双方可以协商附加选择本规范第 8.2 节中的其他检验项目。

3、4 参照《普通混凝土小型砌块》(GB/T 8239)的相关规定。

5、6 参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)的相关规定。

#### 10.6.2 再生集料混凝土实心砖、多孔砖的检验

1 本条参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)的相关规定。再生集料砖各项性能指标达到要求方能进场。产品进场时,应提供产品质量合格证,合格证一般应标明生产厂信息、产品名称、批量及编号、产品实测技术性能和生产日期等。

2 本条参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)的相关规定。再生骨料砖的进场检验项目一般应包括尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度;如果用户方根据工程需要提出更多进场检验项目要求,则供需双方可以协商附加选择本规范第 8.3 及 8.4 节中的其他检验项目。

3 本条参照《混凝土实心砖》(GB/T21144)的相关规定。

4、5、6 参照《再生骨料应用技术规程》(JGJ/T 240)的相关规定。



10.6.3 本条参照《混凝土路面砖》（GB 28635）的相关规定。

### **10.9 路面施工质量验收**

10.9.1 《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）的人行道铺筑并无水泥混凝土面层结构类型，其允许偏差可参照沥青混合料铺筑人行道面层。

10.9.2 除已规定的技术要求外，粒料层的施工质量验收参照级配碎石底基层进行。

### **10.10 砖砌体结构施工质量验收**

10.10.1 本条参照《再生骨料应用技术规程》（JGJ/T 240）的相关规定。