



T/CECSXXX-202x

中国工程建设标准化协会标准

建筑废弃物在道路工程应用技术规程

Technical specification for application of construction
waste in road engineering

(征求意见稿)

XXX出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑废弃物在道路工程应用技术规程

Technical specification for application of construction
waste in road engineering

T/CECSXXX-202x

主编单位：深圳市市政设计研究院有限公司，哈尔滨工业大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年X月X日

XXX出版社

20XX 北 京

前言

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2020 年第二批协会标准制订、修订计划》的通知（建标协字〔2022〕第 23 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 9 章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 原材料的再生加工、运输和存储；5. 再生骨料水泥混凝土；6. 再生骨料水泥砂浆；7. 再生骨料注浆材料；8. 再生材料应用于路面基层；9. 再生材料应用于路基填筑。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由深圳市市政设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见和建议，请反馈给深圳市市政设计研究院有限公司（地址：深圳市福田区笋岗西路 3007 号市政设计大厦，邮编：518029，邮箱：1051504922@qq.com）。

主编单位：深圳市市政设计研究院有限公司

哈尔滨工业大学

参编单位：深圳市政集团有限公司

深圳市恒浩建工程项目管理有限公司

深圳市光明区建筑工务署

中国市政工程西北设计研究院有限公司

深圳市新城市规划建筑设计股份有限公司

深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司

中国市政工程西南设计研究总院有限公司

北京市政路桥股份有限公司

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

沈阳市市政工程设计研究院有限公司

太原市市政工程设计研究院

深圳市交通公用设施建设中心

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	原材料的再生加工、运输和存储	6
4.1	原材料再生加工	6
4.2	运输和存储	7
5	再生骨料混凝土	8
5.1	一般规定	8
5.2	原材料要求	8
5.3	技术要求	15
5.4	配合比设计	18
5.5	施工和养护	21
5.6	施工质量验收	23
6	再生骨料水泥砂浆	24
6.1	一般规定	24
6.2	原材料要求	24
6.3	技术要求	25
6.4	配合比设计	25
6.5	施工和养护	26
6.6	施工质量验收	26
7	再生骨料注浆材料	28
7.1	一般规定	28
7.2	原材料要求	28
7.3	技术要求	28
7.4	施工和养护	29
7.5	施工质量验收	29
8	再生材料用于路面基层、垫层	31

8.1	一般规定	31
8.2	原材料要求	31
8.3	基层材料技术要求	33
8.4	混合料组成设计	34
8.5	施工及养护	37
8.6	施工质量验收	37
9	再生材料用于路基填筑	39
9.1	一般规定	39
9.2	原材料要求	39
9.3	试验段施工	39
9.4	路基填筑	39
9.5	路基压实	41
9.6	施工质量验收	41
	本规程用词说明	42
	引用标准名录	43
	附：条文说明	44

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Crushing Process, Transportation and Storage of Construction Waste	6
4.1	Crushing Process of Raw Materials.....	6
4.2	Transportation and Storage.....	7
5	Recycled Aggregate Concrete	8
5.1	General Requirements	8
5.2	Requirements of Raw Materials	8
5.3	Technical Requirements	15
5.4	Mix Design	18
5.5	Production, Casting and Curing.....	21
5.6	Construction Quality Inspection and Acceptance.....	23
6	Recycled Aggregate Mortar	24
6.1	General Requirements	24
6.2	Requirements of Raw Materials	24
6.3	Technical Requirements	25
6.4	Mix Design	25
6.5	Production, Construction and Curing	26
6.6	Construction Quality Inspection and Acceptance.....	26
7	Recycled Aggregate Grouting Materials	28
7.1	General Requirements	28
7.2	Requirements of Raw Materials	28
7.3	Technical Requirements	28
7.4	Production, Casting and Curing.....	29
7.5	Construction Quality Inspection and Acceptance.....	29
8	Recycled Materials Used to Make Bases、Cushion	31

8.1	General Requirements	31
8.2	Requirements of Raw Materials	31
8.3	Technical Requirements of Base Materials	33
8.4	Mix Design	34
8.5	Production, Construction and Curing	37
8.6	Construction Quality Inspection and Acceptance.....	37
9	Recycled Materials Used to Subgrade Filling	39
9.1	General Requirements	39
9.2	Requirements of Raw Materials	39
9.3	Construction of Experimental Section.....	39
9.4	Subgrade Filling	39
9.5	Subgrade Compaction	41
9.6	Construction Quality Inspection and Acceptance.....	41
	Explanation of Wording in This Code.....	42
	List of Quoted Standards	43
	Addition: Explanation of Provisions	44

1 总则

1.0.1 为贯彻执行国家节约资源、保护环境的基本国策，促进建筑废弃物在道路工程的再生利用，规范再生材料使用的技术要求、工艺及检测方法，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑废弃物再生材料在道路工程中应用的设计、施工和验收。

1.0.3 建筑废弃物在道路工程中的应用，除应符合本规程外，尚应符合国家、行业、地方和中国工程建设标准化协会现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建筑废弃物 construction waste

在新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网以及装修房屋等施工过程中产生的废弃砖瓦、混凝土块等。

2.1.2 再生材料 recycled materials

由建筑废弃物加工而成的，用于道路工程配制混凝土、砂浆、注浆材料、基层、垫层及路基回填材料的粗骨料、细骨料和粉料。

2.1.3 再生粗骨料 recycled coarse aggregate

由建筑废弃物中的混凝土、石、黏土砖等加工而成，粒径大于4.75mm的颗粒。

2.1.4 再生细骨料 recycled fine aggregate

由建筑废弃物中的混凝土、砂浆、石、黏土砖等加工而成，粒径大于0.075mm且小于等于4.75mm的颗粒。

2.1.5 再生粉料 recycled fine powder

由建筑废弃物中的混凝土、砂浆、石、黏土砖等加工而成，粒径小于等于0.075mm的颗粒。

2.1.6 再生材料体积取代率 replacement ratio of recycled materials

再生材料在混凝土、砂浆、注浆材料、基层材料中按体积取代天然粗骨料、细骨料和粉料的比例。

2.1.7 再生骨料混凝土 recycled aggregate concrete

再生骨料部分或全部代替天然骨料配制而成的水泥混凝土。

2.1.8 再生骨料水泥砂浆 recycled aggregate mortar

再生细骨料部分或全部取代天然细骨料配制而成的水泥砂浆。

2.1.9 再生骨料注浆材料 recycled aggregate grouting materials

再生细骨料部分或全部取代天然细骨料配制而成的灌注水泥砂浆。

2.1.10 水泥混凝土年有害冻融循环次数 annual harmful freeze-thaw cycles for cement concrete

水泥混凝土在一年内当日最低地表温度小于或等于-6℃且最高地表温度大于0℃的天数。

2.1.11 冻融环境等级 freeze-thaw grade of environment

表征水泥混凝土结构在冰冻气候条件和化学腐蚀环境等综合影响下的冻害严重程度，分为7个等级，分别以D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7表示。

2.1.12 水泥混凝土抗冻等级 frost-resistant grade of cement concrete

表征水泥混凝土在标准试验条件下抵抗反复冻融破坏的能力，分为8个等级，分别以F100、F150、F200、F250、F300、F350、F400、F450表示。

2.2 符号

σ ——再生骨料混凝土强度标准差；

$f_{cu,i}$ ——第*i*组试件的立方体强度；

m_{fcu} ——*n*组试件的立方体强度的平均值；

$f_{cu,0}$ ——再生骨料混凝土试配强度；

$f_{cu,k}$ ——再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值；

ρ_g ——粗骨料的表观密度；

ρ_{rg} ——再生粗骨料的表观密度；

ρ_s ——细骨料的表观密度；

ρ_{rs} ——再生细骨料的表观密度；

m_g ——基准混凝土粗骨料用量；

m_s ——基准混凝土细骨料用量；

m_{rg0} ——再生粗骨料用量；

m_{rs0} ——再生细骨料用量；

m_{g0} ——粗骨料用量；

m_{s0} ——细骨料用量；

m_{wt} ——混凝土的总用水量；

m_{wn} ——净用水量；

m_{wf} ——再生骨料附加用水量；

δ_g ——再生粗骨料体积取代率；

δ_s ——再生细骨料体积取代率；

ω_{rg} ——再生粗骨料吸水率；

ω_{rs} ——再生细骨料吸水率；

f_{rk} ——再生骨料混凝土的抗折强度标准值。

3 基本规定

3.0.1 建筑废弃物中的废旧水泥混凝土、水泥砂浆、石料和红砖可用于制备再生粗、细骨料和粉料，被污染或腐蚀的建筑废弃物不得用于制备再生材料。

3.0.2 建筑废弃物进场时应做好相关信息的采集与记录工作，宜包括拆除结构的用途、服役时间和原始混凝土强度等级等。

3.0.3 建筑废弃物制备的再生粗骨料、再生细骨料、再生粉料应提供检验报告。

3.0.4 建筑废弃物制备的再生粗骨料、再生细骨料、再生粉料材料应满足道路工程所需制备的混凝土、砂浆、注浆材料或基层材料的性能要求。

4 原材料的再生加工、运输和存储

4.1 原材料再生加工

4.1.1 建筑废弃物再生加工时，应按预筛分、一级除杂、一级破碎、二级除杂、二级破碎工序进行。

4.1.2 使用建筑废弃物加工再生材料时，应首先进行预筛分，预筛分应符合下列规定。

- 1 宜使用大型工业筛对收集的建筑废弃物进行预筛分；
- 2 分筛机宜选用振动筛或辊筛，振动筛筛孔大小可按工艺要求进行调整，筛孔大小不宜大于50mm，辊筛的辊轴间距不宜超过50mm；
- 3 大块建筑废弃物应经料仓由振动给料机均匀地送入预筛分机；
- 4 振动给料机宜选用带有预筛分功能；
- 5 预筛分过程应筛除建筑废弃物中的泥质含量较高的细料。

4.1.3 一级除杂应符合下列规定：

- 1 应在预筛分后，一级破碎前进行；
- 2 可通过人工或机械挑拣完成；
- 3 应除去建筑废弃物中的衣物、木块和管材等大块杂质。

4.1.4 经一级除杂的大块建筑废弃物宜由皮带输送机均匀地送进颚式破碎机进行一级破碎，破碎后的建筑废弃物粒径不宜大于300mm。

4.1.5 二级除杂应在建筑废弃物一级破碎后进行，且应符合下列规定：

- 1 应除去建筑废弃物中的铁质、有机质等杂质；
- 2 可通过磁选、风选以及人工除杂等方式完成。

4.1.6 二级破碎应在二级除杂后进行，且应符合下列规定：

- 1 二级破碎机宜采用圆锥破碎机、反击-锤式复合破碎机；
- 2 经二级破碎后，再生材料粒形应接近圆形或方形。

4.1.7 二级破碎后的再生材料应由皮带输送机送进振动筛进行筛分，筛分出不同规格的再生骨料，满足粒径、级配要求的再生骨料送往成品料场；不满足粒径要求的再生骨料应返送到二级破碎环节进行再次破碎。

4.1.8 再生骨料生产应配备相应的除尘设备。应对破碎系统及筛分系统所有的扬

尘点采取除尘措施，粉尘排放应符合排放相关标准要求。

4.1.9 破碎系统及筛分系统应进行降噪处理，噪声排放应符合相关标准要求。

4.1.10 建筑废弃物制备的再生粗骨料、再生细骨料材料性能要求应满足本规程 5.2.1、5.2.2 的相关规定。

4.2 运输和存储

4.2.1 再生材料运输时，应采取措施防止杂物混入和粉尘飞扬。

4.2.2 再生材料堆放，应符合下列规定：

- 1** 按照类别、规格分开堆放存储；
- 2** 再生材料和非再生材料不得混合；
- 3** 堆放应防止泥土和其他可能改变其品质的杂质混入；
- 4** 再生粗骨料堆放高度一般不宜超过5m，对于单粒径或最大粒径不超过20mm的连续级配，其堆放高度不宜超过10m。

5 再生骨料混凝土

5.1 一般规定

5.1.1 由建筑废弃物中回收的废混凝土、石料加工获得的再生粗骨料和再生细骨料,以及由黏土砖加工获得的再生黏土砖粗骨料可用于浇筑道路工程中的混凝土面层、基层、路用预制构件、挡土墙等构筑物。

5.1.2 再生粗、细骨料宜用于生产强度等级为C40及以下的再生骨料混凝土。再生黏土砖粗骨料可用于强度等级为C25及以下的混凝土。

~~**5.1.3** 再生骨料配制的混凝土可用于浇筑道路工程的混凝土面层、基层、路用预制构件、挡土墙等构筑物。~~

5.1.3 当再生粗骨料中混入的黏土砖颗粒含量大于3%时,不宜用于混凝土面板。

5.1.4 再生粗骨料的最大粒径不宜大于31.5mm。用于实心路面砖的再生粗骨料的粒径不应大于砖厚度的1/3,用于空心或多孔的路面砖和植草砖的再生粗骨料的粒径不宜大于10mm。

5.2 原材料要求

5.2.1 再生粗骨料按性能要求宜分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类,冻融环境、结晶环境宜采用Ⅰ类,Ⅲ类骨料可配制C25及以下强度等级的混凝土,各项性能指标应符合下列规定。

1 再生粗骨料的颗粒级配应符合表5.2.1-1的规定。

表 5.2.1-1 颗粒级配

公称粒径 (mm)		累计筛余 (%)							
		方孔筛筛孔边长 (mm)							
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
连续 粒级	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0
单粒 级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—
	10~20	—	95~100	85~100	—	0~15	0	—	—

	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—	0~10	0
--	---------	---	--------	---	--------	---	---	------	---

2 再生粗骨料中的再生粉料含量和泥块含量应符合表5.2.1-2的规定。

表 5.2.1-2 再生粉料含量和泥块含量

项目	I类	II类	III类
再生粉料含量（按质量计，%）	<1.0	<2.0	<3.0
泥块含量（按质量计，%）	<0.5	<0.7	<1.0

3 再生粗骨料的吸水率应符合表5.2.1-3的规定。

表 5.2.1-3 吸水率

项目	I类	II类	III类
吸水率（按质量计，%）	<3.0	<5.0	<8.0

4 再生粗骨料的针片状颗粒含量应符合表5.2.1-4的规定。

表 5.2.1-4 针片状颗粒含量

项目	I类	II类	III类
针片状颗粒含量（按质量计，%）	<10		

5 再生粗骨料中有害物质含量应符合表5.2.1-5的规定。

表 5.2.1-5 有害物质含量

项目	I类	II类	III类
有机物	合格		
硫化物及硫酸盐（折算成SO ₃ ，按质量计，%）	<2.0		
氯化物（按氯离子质量计，%）	<0.06		

6 再生粗骨料中的杂物含量应符合表5.2.1-6的规定。

表 5.2.1-6 杂物含量

项目	I类	II类	III类
杂物（按质量计，%）	<1.0		

7 再生粗骨料的坚固性采用硫酸钠溶液法进行试验，经5次循环后，其质量损失应符合表5.2.1-7的规定。

表 5.2.1-7 坚固性指标

项目	I类	II类	III类
质量损失 (%)	<5.0	<10.0	<15.0

8 再生粗骨料的压碎指标应符合表5.2.1-8的规定。

表 5.2.1-8 压碎指标

项目	I类	II类	III类
压碎指标 (%)	<12	<20	<30

9 再生粗骨料的表观密度和空隙率应符合表5.2.1-9的规定。

表 5.2.1-9 表观密度和空隙率

项目	I类	II类	III类
表观密度 (kg/m ³)	>2450	>2350	>2250
空隙率 (%)	<47	<50	<53

5.2.2 再生细骨料按性能要求宜分为 I 类、II 类和 III 类，冻融环境、结晶环境宜采用 I 类，II 类再生细骨料宜用于配制 C25 及以下强度等级且无抗冻耐久性要求的混凝土；III 类再生细骨料不宜用于配制结构混凝土。其各项性能应符合下列规定。

1 再生细骨料的颗粒级配应符合表5.2.2-1的规定。

表 5.2.2-1 颗粒级配

方孔筛筛孔边长	累计筛余 (%)		
	1级配区	2级配区	3级配区
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600μm	85~71	70~41	40~16
300μm	95~80	92~70	85~55
150μm	100~85	100~80	100~75

注：再生细骨料的实际颗粒级配与表中所列数字相比，除4.75mm和600μm筛档外，可以略有超出，但是超出总量应小于5%。

2 根据亚甲蓝试验结果的不同，再生细骨料的粉料含量和泥块含量应符合表5.2.2-2的规定。

表 5.2.2-2 粉料含量和泥块含量

项目		I类	II类	III类
粉料含量（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

3 再生细骨料中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐或氯盐等有害物质，其含量应符合表5.2.2-3的规定。

表 5.2.2-3 再生细骨料中的有害物质含量

项目	I类	II类	III类
云母含量（按质量计，%）	<2.0		
轻物质含量（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SO ₃ 质量计，%）	<2.0		
氯化物含量（按氯离子质量计，%）	<0.06		

4 再生细骨料的坚固性应采用硫酸钠溶液法进行试验，经5次循环后，其坚固性指标应符合表5.2.2-4的规定。

表 5.2.2-4 坚固性指标

项目	I类	II类	III类
饱和硫酸钠溶液中质量损失（%）	<8.0	<10.0	<12.0

5 再生细骨料的压碎指标应符合表5.2.2-5的规定。

表 5.2.2-5 压碎指标

项目	I类	II类	III类
单级最大压碎指标值（%）	<20	<25	<30

6 再生胶砂需水量比应符合表5.2.2-6的规定。

表 5.2.2-6 再生胶砂需水量比

项目	I类			II类			III类		
	细	中	粗	细	中	粗	细	中	粗
需水量比	<1.35	<1.30	<1.20	<1.55	<1.45	<1.35	<1.80	<1.70	<1.50

7 再生胶砂强度比应符合表5.2.2-7的规定。

表 5.2.2-7 再生胶砂强度比

项目	I类			II类			III类		
	细	中	粗	细	中	粗	细	中	粗
强度比	>0.80	>0.90	>1.00	>0.70	>0.85	>0.95	>0.60	>0.75	>0.90

8 再生细骨料的表观密度、堆积密度和空隙率应符合表5.2.2-8的规定。

表 5.2.2-8 表观密度、堆积密度和空隙率

项目	I类	II类	III类
表观密度 (kg/m ³)	>2450	>2350	>2250
堆积密度 (kg/m ³)	>1350	>1300	>1200
空隙率 (%)	<46	<48	<52

5.2.3 经碱骨料反应试验后，由再生粗、细骨料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于0.10%。

5.2.4 再生粗骨料性能检测方法按现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177 有关规定执行，再生细骨料性能检测方法按现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 有关规定执行。

5.2.5 再生骨料混凝土所用水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。当采用其他品种的水泥时，其性能指标必须符合相应标准的要求。用于有抗冻耐久性要求的水泥混凝土工程时，水泥尚应符合下列要求：

1 应采用旋窑生产的强度等级为42.5及其以上的硅酸盐类水泥。水泥混凝土路面宜采用 I 型硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥。除冬季施工或其他有早强要求的工程外，不宜使用早强型水泥。

2 硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥的比表面积宜小于350m²/kg，其他水泥的80μm方孔筛筛余不宜大于10%且不小于2%。

3 氯盐环境与硫酸盐环境中，不得使用掺加石灰石粉的水泥。氯盐环境中不宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5.2.6 再生骨料混凝土所用天然粗骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的要求。用于有抗冻耐久性要求的水泥混凝土工程时，天然粗骨料尚应符合下列要求：

1 应采用I类或II类级配合格的粗集料，并满足表5.2.6的规定，且一般情况下最大粒径不宜超过31.5mm。

表5.2.6 粗集料技术要求

项目	无盐环境	有盐环境
含泥量（%），不大于	1.0	0.5
泥块含量（%），不大于	0.2	0.0
坚固性（%），不大于	8	5
吸水率（%），不大于	1.5	1.0
针片状含量（%），不大于	10	
自然堆积空隙率（%），不大于	45	

注：1. 设计工作年限为 100 年时，针片状含量应小于 5%。

2. 自然堆积状态空隙率按现行《公路工程集料试验规程》（JTG E42）进行试验与计算，但计算时将捣实法测定的堆积密度用自然堆积密度替代。

2 对于石灰岩碎石，当用于氯盐冻融环境与硫酸盐环境时，石灰石粉含量应小于0.5%。重要工程应进行石灰岩低温抗硫酸盐腐蚀试验，验证其可行性。

5.2.7 再生骨料混凝土所用天然砂、机制砂、混合砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的要求。用于有抗冻耐久性要求的水泥混凝土工程时，天然细骨料尚应符合下列要求：

1 应采用 I 类或 II 类级配合格的细集料，并满足表5.2.7的要求，宜使用中砂。

表5.2.7 细集料技术要求

项目		无盐环境	有盐环境
含泥量（%），不大于		2.0	1.0
机制砂石粉含量（%），不大于	MB≥1.4	3.0	1.0
	MB<1.4	5.0	3.0
泥块含量（%），不大于		1.0	0.5
云母（%），不大于		2.0	1.0
坚固性（%），不大于		8	
吸水率（%），不大于		1.5	1.0
自然堆积状态下的空隙率（%），不大于		44	

注：自然堆积状态下的空隙率按自然堆积状态空隙率按现行《公路工程集料试验规程》（JTG E42）进行试验与计算，但计算采用堆积密度。

2 对于石灰岩机制砂，当用于有盐环境时，石灰石粉含量应小于 1%。重要工程应进行石灰岩低温抗硫酸盐腐蚀试验，验证其可行性。

5.2.8 再生骨料混凝土拌合用水和养护用水应符合下列要求：

1 再生骨料混凝土拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的要求。

2 不得使用海水拌合钢筋再生骨料混凝土，不宜用海水拌合有饰面要求的素再生骨料混凝土。

3 养护用水与再生骨料混凝土温差应小于15℃。高温季节拌和用水的温度应低于30℃。

5.2.9 再生骨料混凝土中掺加粉煤灰、矿渣粉、硅粉等矿物掺合料，其质量应符合现行国家、行业相关标准的规定。用于有抗冻耐久性要求的水泥混凝土工程时，矿物掺合料尚应符合下列要求：

1 水泥混凝土中掺加活性矿物掺合料时，可使用质量合格的硅灰、I级或II级低钙粉煤灰、磨细矿渣等，粉煤灰烧失量应满足表5.2.9-1的规定。对于氯盐冻融环境与硫酸盐环境，活性矿物掺合料中不得含有石灰石粉。

表 5.2.9-1 粉煤灰烧失量要求

水泥混凝土抗冻等级	≥F350	F200~F300	≤F150	试验方法
粉煤灰烧失量（%），不大于	3	5	8	GB/T 1596

2 活性矿物掺合料宜选用2种或2种以上复合使用。硅灰用量不宜大于8%，且掺加硅灰时应掺加高效减水剂。

3 活性矿物掺合料的掺量应满足表5.2.9-2的规定。

表 5.2.9-2 活性矿物掺合料的最大掺量（%）

冻融类别		无盐环境				有盐环境			
材料类别		预应力混凝土	非预应力混凝土	路面混凝土	砂浆	预应力混凝土	非预应力混凝土	路面混凝土	砂浆
水泥种类	P•O 42.5	30	30	25	60	25	25	20	55
	P•O 52.5	35	35	30	—	30	30	25	—
	P•I52.5/ P•II52.5	45	45	35	—	40	40	30	—

注：1. 有盐环境是指结冻的水中含有盐，包括海水、盐渍土或其他含有氯化物的环境，以及使用有机、无机类除冰盐环境。

2. 表中矿物掺合料的掺量指掺加的矿物掺合料占胶凝材料（水泥和矿物掺合料）总量的百分比。
3. 对于水泥混凝土，当水胶比大于或等于 0.45 时，掺合料掺量不宜超过 15%。
4. 对于大体积水泥混凝土，可较表中数值增加 15%。

5.2.10 再生骨料混凝土所用的外加剂应符合现行标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119等的要求。用于有抗冻耐久性要求的

水泥混凝土工程时，外加剂尚应符合下列要求：

- 1 引气水泥混凝土中应掺加质量合格的引气剂或引气减水剂。
- 2 选用外加剂时，应进行外加剂与胶凝材料的相容性、和易性、强度、耐久性等试验，确定外加剂的品种、复配组成，并用工程所用原材料进行配合比试验获得外加剂的最佳掺量。
- 3 不宜使用无机盐类早强剂、防冻剂，不应使用含有碱金属或氯盐的外加剂。

5.2.11 再生骨料混凝土所用的颜料应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T 539的规定。

5.3 技术要求

5.3.1 再生骨料混凝土的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应满足设计和施工要求。

5.3.2 再生骨料混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。

5.3.3 再生骨料混凝土立方体抗压强度的尺寸效应换算系数应按普通混凝土取值。

5.3.4 再生骨料混凝土的抗折强度标准值 f_{rk} 应按式（5.3.4）计算。

$$f_{rk} = 0.75\sqrt{f_{cu,k}} \quad (5.3.4)$$

式中 $f_{cu,k}$ ——再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值（即强度等级）（MPa）。

5.3.5 再生骨料混凝土的弹性模量 E_c 应通过试验确定，在缺乏试验资料时，可按表5.3.5取值。

表 5.3.5 再生骨料混凝土弹性模量（ $\times 10^4 \text{MPa}$ ）

强度等级	C30	C35	C40
弹性模量	2.42	2.53	2.63

5.3.6 再生骨料混凝土的收缩值可在普通混凝土的基础上加以修正，修正系数取1.0~1.5，再生粗骨料体积取代率为30%时可取1.0，再生粗骨料体积取代率为100%时可取1.5，中间可采用线性内插取值。

5.3.7 再生骨料混凝土的徐变系数可参照普通混凝土取值。

5.3.8 再生骨料混凝土的泊松比可取为0.2。

5.3.9 再生骨料混凝土的冻融环境等级应根据水泥混凝土年有害冻融循环次数和环境条件按表5.3.9确定。

表5.3.9 水泥混凝土的冻融环境等级

有害冻融循环次数 (次/年)	无盐环境		有盐环境	
	中度饱水	高度饱水	中度饱水	高度饱水
<10	D1	D1	D2	D3
10~59	D1	D2	D3	D4
60~120	D3	D4	D5	D6
121~180	D4	D5	D6	D7
>180	D5	D6	D7	D7

注：1. 偶尔浸水的水泥混凝土构件，其冻融环境等级可按表 5.3.9 中度饱水的规定适当降低，但降低后的冻融环境等级不应低于 D1。
 2. 有盐环境是指冻结的水中含有盐，包括海水、盐渍土或其他含有氯化物的环境，以及使用有机、无机类除冰盐环境。
 3. 位于冻深线以上土中的水泥混凝土构件，其冻融环境等级可根据当地实际情况和经验适当降低，但降低后的冻融环境等级不应低于 D1。
 4. 本表适用于阳光可经常照射的水泥混凝土构件，对于阳光较少照射或照射不到的水泥混凝土构件，冻融环境等级可按表 5.3.9 的规定适当降低，但降低后的冻融环境等级不应低于 D1。

5.3.10 再生骨料混凝土的抗冻技术等级应满足下列要求：

1 再生骨料混凝土的抗冻等级应根据水泥混凝土结构所处冻融环境等级和结构设计基准期按表5.3.10确定。

2 对于直接经受盐冻的再生骨料混凝土还应进行盐冻试验，经过30次盐冻循环后，5块试件的平均剥落量应小于 1.0kg/m^2 。

表5.3.10 再生骨料混凝土的抗冻等级要求

冻融环境等级	设计工作年限（年）			
	结构水泥混凝土			路面水泥混凝土
	100	50	30	30
D1	F200	F150	F100	F200
D2	F250	F200	F150	F200
D3	F300	F250	F200	F200
D4	F350	F300	F250	F250
D5	F400	F350	F300	F300
D6	F450	F400	F350	F350
D7	F450	F450	F400	F400

注：1. 水泥混凝土抗冻性采用快速冻融试验方法测试，按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）中的 T 0565 进行，但将其中 4.7 条的第一款改为达到规定的冻融循环次数。
 2. 设计工作年限小于 30 年的以 30 年计。

5.3.11 引气再生骨料混凝土的最低强度等级与最大水胶比应满足下列要求：

1 引气再生骨料混凝土的最低强度等级与最大水胶比应满足表5.3.11-1和表5.3.11-2的要求。

2 对于设计工作年限小于30年的可更换部件用结构水泥混凝土，最低强度等级和最大水胶比应按表5.3.11-1中设计工作年限为30年进行控制。

表5.3.11-1 结构引气再生骨料混凝土的最低强度等级与最大水胶比

抗冻等级	设计工作年限（年）					
	100		50		30	
	最低强度等级	最大水胶比	最低强度等级	最大水胶比	最低强度等级	最大水胶比
F100	—	—	—	—	C _a 30	0.55
F150			C _a 35	0.55		0.50
F200	C _a 35	0.50		0.50		
F250	C _a 40	0.45	C _a 40	0.45		0.45
F300	C _a 45	0.40	C _a 45	0.40	C _a 35	
F350						
F400	C _a 50	0.36			C _a 40	0.40
F450						

注：表中 C_a30 表示引气水泥混凝土的强度等级为 30MPa，其余类推。

表5.3.11-2 路面引气再生骨料混凝土最低弯拉强度与最大水胶比

抗冻等级	高速公路、一级公路			二级公路		
	最大水胶比		最低弯拉强度(MPa)	最大水胶比		最低弯拉强度(MPa)
	无盐环境	有盐环境		无盐环境	有盐环境	
F200~F400	0.42	0.40	5.0	0.44	0.42	4.5

注：城市道路可参照本表执行。

5.3.12 引气再生骨料混凝土拌合物含气量与硬化水泥混凝土的气泡间距系数应满足表5.3.12的要求。

表5.3.12 引气再生骨料混凝土拌合物含气量与硬化再生混凝土气泡间距系数要求

项目	抗冻等级	强度等级		弯拉强度等级 (MPa)	
		Ca30	Ca40	4.0	4.5
设计含气量 (%)	F100	3.5	3.0	—	—
	F150	4.0	3.5	—	—
	F200	4.5	4.0	4.5	4.5
	F250	5.0	4.5	5.0	5.0
	F300	5.5	5.0	5.5	5.5
	F350	—	5.0	—	6.0

	F400	—	5.5	—	6.5
	F450	—	5.5	—	—
气泡间距系数(μm), $\leq$	$\leq F150$	320	370	—	—
	F200	300	350	300	325
	F250	280	320	280	300
	F300	260	300	260	280
	F350	—	280	—	260
	F400	—	250	—	230
	F450	—	230	—	—

注：1. 表中含气量对应于粗集料最大粒径为 19mm 或 26.5mm 时的数值。当粗集料最大粒径为 9.5mm 或 16mm 时，含气量应较表中数值增加 0.5%；当粗集料的最大粒径为 31.5mm 时，含气量可较表中数值减少 0.5%。

2. 表中含气量指现场入模前测得的水泥混凝土拌合物的含气量，含气量偏差应控制在 -0.5%~+1.0% 内。含气量的检测按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG E3240）中的 T 0526 进行。

5.3.13 引气再生骨料混凝土的最小胶凝材料用量与最大胶凝材料用量宜满足表 5.3.13 的规定。

表 5.3.13 引气水泥混凝土单位体积的胶凝材料用量

强度等级		最小用量 (kg/m^3)		最大用量 (kg/m^3)
		无盐环境	有盐环境	
结构水泥混凝土 抗压强度等级	C _a 30	280	300	420
	C _a 35	300	320	
	C _a 40	320	340	450
路面水泥混凝土 弯拉强度等级 (MPa)	4.5	300	320	450
	5.0	310	330	

注：表中数据适用于粗集料最大粒径为 19mm 的情况，粗集料最大粒径较大时宜适当降低胶凝材料用量，粗集料最大粒径较小时宜适当增加。

5.3.14 再生骨料混凝土的耐久性设计除本规程 5.3.9 条至 5.3.14 条的规定外尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定。

5.3.15 再生骨料混凝土中氯离子、三氧化硫的含量应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定。

5.4 配合比设计

5.4.1 再生骨料混凝土配合比设计应满足工作性、强度、耐久性和经济性的要求。

5.4.2 再生粗骨料体积取代率和再生细骨料体积取代率应符合下列规定：

1 应根据已有技术资料 and 再生骨料混凝土的性能要求确定。当缺乏技术资料时，其总体积取代率不宜大于 50%，但 I 类再生粗骨料体积取代率可不受限制。

- 2 当再生骨料混凝土中已掺用Ⅲ类再生粗骨料时,不宜再掺入再生细骨料。
- 3 再生黏土砖粗骨料用于C25混凝土的体积取代率不宜大于10%。

5.4.3 再生骨料混凝土配合比设计的标准差应符合下列规定:

1 再生骨料混凝土强度标准差宜根据同品种、同强度等级再生骨料混凝土的强度统计资料按公式(5.4.3)计算,试件组数不少于30。当强度标准差计算值小于表5.4.3-1的标准差值时,按表中数值取值。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n \cdot m_{fcu}^2}{n-1}} \quad (5.4.3)$$

式中 σ ——混凝土强度标准差;

$f_{cu,i}$ ——第*i*组试件的立方体强度(MPa);

m_{fcu} ——*n*组试件的立方体强度的平均值(MPa);

n ——再生骨料混凝土试件的组数, $n \geq 30$ 。

表 5.4.3-1 再生骨料混凝土强度标准差最小值要求(MPa)

强度等级	C20	C25、C30	C35、C40
仅掺再生粗骨料	3.0	4.0	4.0
掺加再生粗骨料和再生细骨料	4.0	5.0	6.0

2 对于不掺加再生细骨料的混凝土,仅掺Ⅰ类再生粗骨料或Ⅱ类、Ⅲ类再生粗骨料体积取代率小于30%时,当施工单位无统计资料可供计算再生骨料混凝土强度标准差时,其值可按表5.4.3-2选取。

表 5.4.3-2 再生骨料混凝土强度标准差推荐值(MPa)

强度等级	C20	C30	C35、C40
仅掺Ⅰ类再生粗骨料	4.0	5.0	6.0
Ⅱ类、Ⅲ类再生粗骨料体积取代率小于30%	4.0	5.0	6.0

注:当再生粗骨料的来源很复杂或来源不清楚,或者再生粗骨料体积取代率较大时,应适当增大强度标准差。

5.4.4 再生骨料混凝土的配合比设计宜采用绝对体积法,在不使用引气型外加剂时,含气量可取1%。计算应按下列步骤进行:

1 再生骨料混凝土的试配强度应按式(5.4.4-1)确定:

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.4.4-1)$$

式中 $f_{cu,0}$ ——再生骨料混凝土试配强度(MPa);

$f_{cu,k}$ ——再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值(MPa);

σ ——再生骨料混凝土强度标准差(MPa)。

2 净水胶比计算应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。水泥强度等级应按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关要求选用。有抗渗性要求的再生骨料混凝土的净水胶比不宜大于现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55所规定的最大水胶比,取计算值和规定值的小值。有抗冻性要求的再生骨料混凝土的净水胶比应符合表5.3.11-1和表5.3.11-2的要求,取计算值和规定值的小值。

3 单位立方米混凝土的净用水量可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定选取,并由用水量及水胶比计算出每立方米混凝土的水泥用量和矿物掺合料用量。有抗冻性要求的再生骨料混凝土的胶凝材料用量应符合表5.3.13的规定,取计算值和规定值的小值。

4 砂率可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定取值,砂率取值可适当增大1%~3%。

5 外加剂品种和掺量应通过试验确定。

6 基准混凝土的粗、细骨料用量可现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定计算。再生骨料混凝土中再生粗骨料用量、再生细骨料用量、粗骨料用量、细骨料用量,应按式(5.4.4-2)~式(5.4.4-5)进行。

$$m_{rg0} = \delta_g m_g \frac{\rho_{rg}}{\rho_g} \quad (5.4.4-2)$$

$$m_{rs0} = \delta_s m_s \frac{\rho_{rs}}{\rho_s} \quad (5.4.4-3)$$

$$m_{g0} = (1 - \delta_g) m_g \quad (5.4.4-4)$$

$$m_{s0} = (1 - \delta_s) m_s \quad (5.4.4-5)$$

式中 m_g ——基准混凝土粗骨料用量(kg);

m_s ——基准混凝土细骨料用量(kg);

m_{rg0} ——再生粗骨料用量 (kg) ;
 m_{rs0} ——再生细骨料用量 (kg) ;
 m_{g0} ——粗骨料用量 (kg) ;
 m_{s0} ——细骨料用量 (kg) ;
 ρ_{rg} ——再生粗骨料表观密度 (kg/m³) ;
 ρ_g ——粗骨料表观密度 (kg/m³) ;
 ρ_{rs} ——再生细骨料表观密度 (kg/m³) ;
 ρ_s ——细骨料表观密度 (kg/m³) ;
 δ_g ——再生粗骨料体积取代率 (%) ;
 δ_s ——再生细骨料体积取代率 (%) ;

7 再生骨料的附加用水量, 应按式 (5.4.4-6) 计算。

$$m_{wf} = m_{rg0}\omega_{rg} + m_{rs0}\omega_{rs} \quad (5.4.4-6)$$

式中 m_{wf} ——再生骨料附加用水量 (kg) ;
 ω_{rg} ——再生粗骨料吸水率 (%) ;
 ω_{rs} ——再生细骨料吸水率 (%) 。

8 再生骨料混凝土的总用水量, 应按式 (5.4.4-7) 计算。

$$m_{wt} = m_{wn} + m_{wf} \quad (5.4.4-7)$$

式中 m_{wt} ——混凝土的总用水量 (kg) ;
 m_{wn} ——净用水量 (kg) ;
 m_{wf} ——再生骨料附加用水量 (kg) 。

9 再生骨料混凝土配合比的试配与调整按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。

5.4.5 路面用再生混凝土配合比设计应根据再生混凝土的抗折强度与抗压强度的关系式 (式5.3.4), 确定再生混凝土的抗压强度, 按照5.4.1~5.4.4进行配合比设计。

5.5 施工和养护

5.5.1 城市道路工程中再生骨料混凝土结构的施工准备、混凝土的搅拌与运输、铺筑、养护与填缝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的规定，尚应符合下列要求：

1 水泥混凝土原材料应采用自动计量系统。

2 水泥混凝土成型、抹面结束后，应及时保湿养护，气温低于5℃时应采取保温养护措施。

5.5.2 采用再生骨料混凝土预制块、路缘石、护坡、挡土墙等的施工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的规定。

5.5.3 公路面层再生骨料混凝土拌合、浇筑、摊铺和养护应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30的规定。

5.5.4 公路桥涵用再生骨料混凝土拌合、浇筑、成型和养护应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650的规定。

5.5.5 使用引气再生混凝土施工时还应符合如下要求：

1 宜采用双卧轴混凝土搅拌机拌合，掺加引气剂或引气减水剂的水泥混凝土的拌合时间应延长10~30s。

2 最大粒径大于31.5mm时，应采用不少于三种粒级的粗集料分别计量。

3 拌合后应按要求检测拌合物含气量，拌合物含气量不足应立即加以调整。

4 夏季施工时，宜使用温度较低的水拌合，特别是对路面、桥面铺装、大体积水泥混凝土等更应严格控制拌合水温度，并应对蓄水容器采取防暴晒措施。

5 引气再生混凝土的振捣时间应控制在15~30s，不应过分振捣和抹面。

6 施工过程中不应向引气再生混凝土中加水或洒水，严禁在抹面时洒水。

7 成型、抹面结束后，应立即开始保湿养护，气温低时还应采取保温养护措施。

8 直接接触盐类的再生混凝土应养护至强度不低于设计强度的70%，且不少于10d。矿物掺合料掺量超过15%的再生混凝土，应养护至强度不低于设计强度的60%，且不少于10d。其他再生混凝土应养护至现场强度不低于设计强度的60%，且不少于7d。

9 引气再生混凝土采用暖棚加热养护时，温度与湿度应满足表5.5.5的要

求。

表5.5.5 引气水泥混凝土暖棚加热养护的温度与湿度要求

温度				相对湿度
终凝前		终凝后		>80%
升温速度	最高温度	升温速度	最高温度	
10℃/h	20℃	15℃/h	50℃	

10 引气水泥混凝土采用蒸汽养护时，温度应满足表5.5.5的要求。

11 直接接触盐类的再生混凝土受冻前宜达到设计强度的100%。

5.6 施工质量验收

5.6.1 城市道路工程用再生骨料混凝土浇筑面层、铺砌式面层、混凝土预制块、路缘石、护坡、挡土墙等的施工验收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的规定。

5.6.2 公路再生骨料混凝土面层的施工验收应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30的规定。

5.6.3 公路桥涵再生骨料混凝土结构的质量验收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的规定。

6 再生骨料水泥砂浆

6.1 一般规定

6.1.1 再生骨料水泥砂浆包括再生骨料砌筑砂浆和再生骨料抹灰砂浆，可分别用于道路工程中的砌筑工程和抹灰工程。

6.1.2 采用再生骨料水泥砂浆时，砌筑工程和抹灰工程宜优先选用预拌砌筑砂浆和预拌抹灰砂浆。

6.2 原材料要求

6.2.1 再生骨料水泥砂浆所用再生细骨料应符合本规程5.2.2、5.2.3规定，其中Ⅰ类再生细骨料可用于配制各种强度等级的再生骨料水泥砂浆；Ⅱ类再生细骨料可用于配制强度等级不高于M15且无抗冻耐久性要求的再生骨料水泥砂浆；Ⅲ类再生细骨料宜用于配制强度等级不高于M10且无抗冻耐久性要求的再生骨料水泥砂浆。

6.2.2 再生骨料水泥砂浆宜采用通用硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

6.2.3 再生骨料水泥砂浆中使用的粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等掺合料应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。当使用其他种类矿物掺合料时，应符合现行国家和行业相关标准。

6.2.4 再生骨料水泥砂浆可掺用天然细骨料、机制砂和混合砂，质量应分别符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

6.2.5 再生骨料水泥砂浆采用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

6.2.6 再生骨料水泥砂浆采用的保水增稠材料、可再分散性乳胶粉等添加剂应符合现行行业标准《砌筑砂浆增塑剂》JG/T 164和现行国家标准《可再分散性乳胶粉》GB/T 29594的规定。

6.2.7 再生骨料水泥砂浆的拌合和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

6.3 技术要求

6.3.1 预拌再生骨料水泥砂浆性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的有关规定。

6.3.2 再生骨料水泥砂浆的强度等级可为M5、M7.5、M10、M15、M20、M25、M30。用于有耐腐蚀要求的部位时，强度等级不应小于M15，且胶凝材料用量不应少于520kg/m³。

6.3.3 再生骨料水泥砂浆的技术要求应符合表6.3.3规定。

表6.3.3 再生骨料砂浆的技术要求

砂浆种类	强度等级	表观密度 (kg/m ³)	保水率 (%)	拉伸粘结强度 (MPa)
水泥抹灰砂浆	M15、M20、M25、M30	≥1900	≥82	≥0.20
水泥粉煤灰抹灰砂浆	M5、M10、M15	≥1900	≥82	≥0.15
水泥砌筑砂浆	M7.5、M10、M15、M20、M25、M30	≥1900	≥80	——

6.3.4 有抗冻要求的再生骨料水泥砂浆应满足表6.3.4的要求。

表6.3.4 引气再生骨料水泥砂浆的技术要求

冻融环境等级	抗冻等级	最低强度等级	最大水胶比	最大胶砂比		拌合物含气量 (%)
				无盐环境	有盐环境	
D1、D2	F100	M _a 15	0.55	1:2.5	1:2.4	7~9
D3	F200	M _a 20	0.50	1:2.4	1:2.3	8~10
D4、D5、D6、	F300	M _a 25	0.45	1:2.3	1:2.2	9~11

注：1. 表中含气量指现场砌筑前测得的再生骨料水泥砂浆拌合物的含气量，含气量偏差应控制在+1%。

2. M_a15 表示引气再生骨料水泥砂浆的强度等级为 15MPa，其余类推。

3. 表中胶砂比是指胶凝材料与砂的质量比。

4. 引气再生骨料水泥砂浆的抗冻性试验采用快速冻融试验方法，按照现行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）中的水泥混凝土抗冻性试验方法（快冻法）T 0565 进行。

5. 引气再生骨料水泥砂浆含气量的检测按现行《建筑砂浆基本性能试验方法标准》（JGJ/T 70）进行。

6.3.5 再生骨料水泥砂浆性能试验方法应按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的规定执行。抹灰砂浆粘结强度试验应按现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 附录A进行。

6.4 配合比设计

6.4.1 再生骨料水泥砂浆配合比设计应满足砂浆工作性、强度和耐久性的要求。

6.4.2 用于再生骨料水泥砂浆的水泥强度等级应根据设计要求进行选择。配制相同再生骨料水泥砂浆时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级的水泥。

6.4.3 再生骨料水泥砂浆配合比设计应符合以下要求：

- 1 再生骨料水泥砌筑砂浆按现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98的规定计算基准砂浆配合比；
- 2 再生骨料水泥抹灰砂浆、水泥粉煤灰抹灰砂浆按现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 的规定计算基准砂浆配合比；
- 3 用于有抗冻要求的部位时，最低强度等级、最大水胶比、最大胶砂比应符合本规程表6.3.4中的规定，再生细骨料体积取代率不宜大于50%。
- 4 用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细骨料体积取代率不宜大于50%；
- 5 外加剂、添加剂和掺合料的品种和掺量应通过试验确定。
- 6 再生骨料水泥砂浆的用水量分为净用水量和附加用水量。

6.5 施工和养护

6.5.1 再生骨料水泥砂浆，其拌合应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的规定。

6.5.2 再生骨料水泥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的相关规定。

6.5.3 再生骨料砂浆施工后宜采用覆盖保水养护方式，养护至砂浆强度达到设计强度的80%以上。

6.5.4 引气再生骨料砂浆拌合、施工和养护尚应符合如下要求：

- 1 引气再生骨料砂浆应采用强制式搅拌机，搅拌时间应不少于3min，拌合后应按要求检测拌合物含气量，拌合物含气量不足应立即加以调整。
- 2 砌筑过程中不得向引气再生骨料砂浆中加水或洒水。

6.6 施工质量验收

6.6.1 再生骨料水泥砌筑砂浆的施工质量验收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。

6.6.2 再生骨料水泥抹灰砂浆的施工质量验收应符合现行行业标准《抹灰砂浆技

术规程》JGJ/T 220 的有关规定。

7 再生骨料注浆材料

7.1 一般规定

7.1.1 再生骨料注浆材料可用于水泥混凝土路面、路面基层及垫层加固、路基加固、原位再生及修补等。

7.1.2 再生细骨料在注浆材料中的体积取代率宜小于30%。

7.2 原材料要求

7.2.1 再生骨料注浆材料用水泥宜采用通用硅酸盐水泥,并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定;当采用其他品种水泥时,其性能应符合国家现行有关标准的规定;不同品种水泥不得混合使用。

7.2.2 再生骨料注浆材料用天然砂、机制砂、混合砂性能指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

7.2.3 再生骨料注浆材料用再生细骨料性能指标应符合本规程5.2.2、5.2.3规定。

7.2.4 再生骨料注浆材料用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

7.2.5 再生骨料注浆材料拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

7.3 技术要求

7.3.1 再生骨料注浆材料主要性能应符合表7.3.1的规定。

表 7.3.1 再生骨料注浆材料主要性能指标

项目		标准要求
截锥流动度 (mm)	初始值	≥340
	30min	≥310
竖向膨胀率 (%)	3h	0.1~3.5
	24h与3h之差	0.02~0.50
抗压强度 (MPa)	28d	≥50
抗折强度 (MPa)	28d	≥6.0

氯离子含量（%）	<0.1
泌水率（%）	0

注：1 表中抗折强度外的各项目试验方法参照现行国家标准《水泥基灌浆材料》GB/T 50448 的规定。

2 抗折强度试验方法参照现行行业标准《修补砂浆》JC/T 2381的规定。

7.3.2 有抗冻耐久性要求的水泥基注浆材料性能除应符合本规程表7.3.1的规定外，尚应符合表6.3.4的规定。

7.3.3 当施工环境温度高于30℃时，可通过适当增大初始流动度的方式，保证30min流动度满足施工要求。

7.4 施工和养护

7.4.1 使用再生骨料的注浆材料宜采用机械拌合方式，持续搅拌3min，搅拌至均匀无结块为止，停止搅拌2~3min，再搅拌2~3min。

7.4.2 使用再生骨料的注浆材料灌注应符合下列规定：

- 1 先清除基层混凝土表面杂物，并充分润湿表面，不应有积水。
- 2 再生骨料注浆材料用于路面基层加固、路基加固时，应视实际工程情况分段施工。
- 3 灌注过程中可采用表面振动方式辅助其充满待灌注区域。
- 4 灌注时的日平均温度不应低于5℃。

7.4.3 注浆后宜采用覆盖保水养护方式，养护至注浆材料强度达到其设计强度的80%以上。

7.5 施工质量验收

7.5.1 注浆后工程验收时，应以每50t为一个留样检验批，不足50t时应按一个检验批计。

7.5.2 应以标准条件下的抗压强度和抗折强度留样试块的测试数据作为验收数据，同条件养护试件的留置数应不少于6组。

7.5.3 抗压强度和抗折强度试验均采用40mm×40mm×160mm的标准棱柱体试件，检验应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17617中的有关规定执行。应采用非振动成型，将拌合好的浆体直接注入试模，浆体应与

试模上边缘齐平。从搅拌开始计时到成型结束，应在6min内完成。

8 再生材料用于路面基层、垫层

8.1 一般规定

8.1.1 再生粗、细骨料可用于铺筑道路基层、底基层和垫层。

8.1.2 应根据道路等级、交通荷载等级、气候条件、结构形式、材料类型等因素确定材料技术要求。

8.1.3 混合料组成设计应根据设计要求,选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

8.2 原材料要求

8.2.1 采用再生粗、细骨料生产水泥稳定类材料,用于道路基层时,应选用强度等级为32.5或42.5的通用硅酸盐水泥,其性能指标应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

8.2.2 再生粗、细骨料水泥稳定类基层掺用粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定。

8.2.3 采用再生粗骨料生产水泥稳定类和级配碎石时,粗集料应符合以下规定:

1 级配碎石、砂砾、未筛分碎石、碎石土、砾石、煤矸石,再生粗骨料等材料均可做粗集料;

2 粗集料不应有黏土块、植物根叶、腐殖质等有害物质;

3 水泥稳定类基层材料的粗集料的技术性能应符合表8.2.3-1的规定;用作级配碎石的粗集料应符合表8.2.3-2的规定;

4 粗集料的级配应符合表8.2.3-3的规定。

5 级配碎石或砾石用作基层材料时,交通等级为重及以上公称最大粒径应不大于26.5mm,交通等级为中及以下公称最大粒径应不大于31.5mm;用作底基层时,公称最大粒径应不大于37.5mm。

表 8.2.3-1 水泥稳定类基层的粗集料技术要求

指标	层位	交通等级		
		极重、特重	重、中	轻
压碎值 (%)	基层	≤22	≤26	≤35
	底基层	≤30	≤30	≤40

针片状颗粒含量(%)	基层	≤18	≤22	—
	底基层	—	—	—
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	基层	≤1.2	≤2	—
	底基层	—	—	—
软石含量 (%)	基层	≤3	≤5	—
	底基层	—	—	—

表 8.2.3-2 用作级配碎石的粗集料技术要求

指标	层位	交通等级		
		极重、特重	重、中	轻
压碎值 (%)	基层	≤22	≤26	≤30
	底基层	≤26	≤26	≤35
针片状颗粒含量(%)	基层	≤18	≤18	≤20
	底基层	≤20	≤20	≤20
0.075mm 以下粉尘含量 (%)	基层	≤1.2	≤2	—
	底基层	—	—	—
软石含量 (%)	基层	≤3	≤5	—
	底基层	—	—	—

表 8.2.3-3 基层、底基层的粗集料规格要求

规格名称	工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)									公称粒径 (mm)
		53	37.5	31.5	26.5	19.9	13.2	9.5	4.75	2.36	
G1	20~40	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	—	—	19~37.5
G2	20~30	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—	19~31.5
G3	20~25	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	—	19~26.5
G4	15~25	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	13.2~26.5
G5	15~20	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	13.2~19
G6	10~30	—	100	90~100	—	—	—	0~10	0~5	—	9.5~31.5
G7	10~25	—	—	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	9.5~26.5
G8	10~20	—	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	9.5~19
G9	10~15	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	9.5~13.2
G10	5~15	—	—	—	—	100	90~100	40~70	0~10	0~5	4.75~13.2
G11	5~10	—	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

8.2.4 用于水泥稳定类和级配碎石道路基层的细集料可采用天然砂和再生细骨料，细集料应符合以下规定：

- 1 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配；
- 2 细集料规格要求应符合表8.2.4的规定。

表 8.2.4 基层、底基层的细集料规格要求

规格名称	工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
XG1	3~5	100	90~100	0~15	0~5	—	—	—	—	2.36~4.75
XG2	0~3	—	100	90~100	—	—	—	—	0~15	0~2.36
XG3	0~5	100	90~100	—	—	—	—	—	0~20	0~4.75

8.2.5 再生黏土砖骨料可用于轻交通等级道路的底基层，性能应符合以下规定：

1 再生黏土砖骨料的公称粒径宜小于19mm，且级配符合表8.2.3-3的规定；

2 再生黏土砖骨料应采用等体积取代法替代天然或再生骨料。

8.2.6 垫层应具有一定的强度和良好的水稳定性，宜采用砂、砂砾的颗粒材料，可采用再生粗骨料取代砂、砂砾等材料，体积取代率应不大于60%，且取代后的材料中小于0.075mm的颗粒含量不宜大于5%。

8.2.7 再生水泥稳定类基层可使用缓凝剂、早强剂和减水剂等外加剂，使用前应对混合料试验验证确定。外加剂技术要求应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30的规定。

8.2.8 再生水泥稳定类基层拌合和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

8.3 基层材料技术要求

8.3.1 水泥稳定材料7d无侧限抗压强度应符合表8.3.1的规定。

表8.3.1 水泥稳定材料的7d无侧限抗压强度 (MPa)

结构层	道路等级	交通荷载等级		
		极重、特重	重	中、轻
基层	高速公路和一级公路 快速路和主干路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
	二级及二级以下公路 次干路和支路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	高速公路和一级公路 快速路和主干路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
	二级及二级以下公路 次干路和支路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

8.3.2 水泥粉煤灰稳定材料7d无侧限抗压强度应符合表8.3.2的规定。

表8.3.2 水泥粉 煤灰稳 定材料 的7d无 侧限抗 压强度 (MPa) 结构层	道路等级	交通荷载等级		
		极重、特重	重	中、轻
基层	高速公路和一级公路 快速路和主干路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0
	二级及二级以下公路 次干路和支路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
底基层	高速公路和一级公路 快速路和主干路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
	二级及二级以下公路 次干路和支路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0

8.4 混合料组成设计

8.4.1 再生材料水泥稳定类材料配合比设计应符合以下规定：

1 试配时水泥推荐掺量宜按表8.4.1选取。

表8.4.1 水泥稳定材料配合比试验推荐水泥试验剂量

被稳定材料	条件		推荐试验剂量（%）
有级配的碎石或砾石	基层	7d无侧限抗压强度≥5.0MPa	5、6、7、8、9
		7d无侧限抗压强度<5.0MPa	3、4、5、6、7
土、砂、石屑等		塑性指数<12	5、7、9、11、13
		塑性指数≥12	8、10、12、14、16
有级配的碎石或砾石	底基层	—	3、4、5、6、7
土、砂、石屑等		塑性指数<12	4、5、6、7、8
		塑性指数≥12	6、8、10、12、14

2 当采用厂拌法生产时，水泥掺量应比试验剂量增加0.5%，水泥最小掺量对于粗粒土、中粒土中应为3%，细粒土为4%。

3 外加剂的用量宜通过试验确定。

4 水泥粉煤灰综合稳定材料中，粉煤灰宜采用等量法取代水泥；取代后再生材料水泥粉煤灰稳定材料的各项性能指标应符合设计要求。

8.4.2 基层材料的级配范围应符合下列规定：

1 水泥稳定材料（不包括水泥稳定级配碎石或砾石）的级配可采用表8.4.2-1中的推荐级配范围。

表8.4.2-1 水泥稳定材料的推荐级配范围（%）

筛孔尺寸 (mm)	基层		底基层	
	高速公路、一级公路、二级公路；快速路和主干路	二级以下公路；次干路和支路	高速公路、一级公路；快速路和主干路	二级及二级以下公路；次干路和支路
	C-A-1	C-A-3	C-A-2	C-A-4
53	—	100	—	100
37.5	100	90~100	100	—
31.5	90~100	—	—	—
26.5	—	66~100	—	—
19	67~90	54~100	—	—
9.5	45~68	39~100	—	—
4.75	29~50	28~84	50~100	50~100
2.36	18~38	20~70	—	—
1.18	—	14~57	—	—
0.6	8~22	8~47	17~100	17~100
0.075	0~7	0~30	0~30	0~50

2 水泥稳定级配碎石或砾石的级配可采用表8.4.2-2中的推荐级配范围；

表8.4.2-2 水泥稳定级配碎石或砾石的推荐级配范围（%）

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路；快速路和主干路			二级及二级以下公路；次干路和支路		
	C-B-1	C-B-2	C-B-3	C-C-1	C-C-2	C-C-3
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

3 水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石级配可采用表8.4.2-3中推荐级配范围；

表8.4.2-3 水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石的推荐级配范围（%）

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路；快速路和主干路				二级及二级以下公路；次干路和支路			
	稳定碎石		稳定砾石		稳定碎石		稳定砾石	
	CF-A-1S	CF-A-2S	CF-A-1L	CF-A-2L	CF-B-1S	CF-B-2S	CF-B-1L	CF-B-2L
37.5	—	—	—	—	100	—	100	—
31.5	100	—	100	—	100~90	100	100~90	100
26.5	95~90	100	95~91	100	93~80	100~90	94~81	100~90
19	84~72	88~79	85~76	89~82	81~64	86~70	83~67	87~73
16	79~65	82~70	80~69	84~73	75~57	79~62	78~61	82~65
13.2	72~57	76~61	75~62	78~65	69~50	72~54	73~54	75~58
9.5	62~47	64~49	65~51	67~53	60~40	62~42	64~45	64~47
4.75	40~30	40~30	45~35	45~35	45~25	45~25	50~30	50~30
2.36	28~19	28~19	33~22	33~22	31~16	31~16	36~19	36~19
1.18	20~12	20~12	24~13	24~13	22~11	22~11	26~12	26~12
0.6	14~8	14~8	18~8	18~8	15~7	15~7	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	13~5	13~5	—	—	—	—
0.15	7~3	7~3	10~3	10~3	—	—	—	—
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2	5~2	5~2	7~2	7~2

4 级配碎石或砾石的级配宜采用表8.4.2-4中的推荐级配范围，其中用于高速公路和一级公路基层时，级配宜符合G-A-4和G-A-5的规定；用于高速公路和一级公路底基层时，级配宜符合G-A-3和G-A-4的规定；用于二级及二级以下公路的基层、底基层时，级配可符合G-A-1和G-A-2的规定。

表8.4.2-4 级配碎石或砾石的推荐级配范围（%）

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

8.4.3 道路基层混合料中再生材料的体积取代率应符合表8.4.3的规定。

表8.4.3 再生材料的体积取代率（%）

道路基层材料类型	层位	再生粗骨料			再生细骨料
		I 类	II 类	III类	
水泥稳定类材料	基层	≤100	≤80	≤60	≤20
	低基层	≤100	≤100	≤80	≤40
级配碎石	基层	≤100			—
	垫层	≤100			—

8.4.4 再生黏土砖骨料用于轻交通等级道路的底基层时的体积取代率应符合表8.4.4的规定。

表8.4.4 再生黏土砖骨料的体积取代率（%）

道路类型	人行道、非机动车道	广场、支路
黏土砖骨料体积取代率	≤25	≤15

8.5 施工及养护

8.5.1 用于城市道路工程的掺加再生材料的基层材料，其拌合、摊铺、碾压和养护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的规定。

8.5.2 用于公路工程的掺加再生材料的基层材料，其拌合、摊铺、碾压和养护应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20的规定。

8.5.3 水泥稳定类基层施工期的日最低气温应在5℃以上，施工应在第一次重冰冻到来前30d完成。

8.5.4 水泥稳定类基层低温施工时，应采取提高水泥稳定类基层早期强度的技术措施。水泥稳定类基层宜增加水泥剂量0.5~1.0个百分点，并采取适宜的保温养护方式。

8.6 施工质量验收

8.6.1 用于城市道路工程的掺加再生材料的基层材料，其施工验收应符合现行行

业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

8.6.2 用于公路工程的掺加再生材料的基层材料,其施工验收应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20的规定。

9 再生材料用于路基填筑

9.1 一般规定

- 9.1.1 再生材料可替代天然路用土或粒料用于路床、路基填筑以及管槽回填。
- 9.1.2 路基填筑用再生材料中木屑、塑料制品含量不得大于 3%；易溶盐含量不符合设计要求的再生材料不应用于路基填筑。
- 9.1.3 当再生材料中粉料含量超过 30%时，应采用石灰、水泥或其他稳定材料进行处治。
- 9.1.4 城市道路绿化种植的树池范围内，路表以下 1.5m 深，不得采用再生材料填筑。
- 9.1.5 经加工破碎后的再生材料，应分类堆放，做好防雨保护措施。

9.2 原材料要求

- 9.2.1 不同来源、品种、粒径大小的建筑废弃物再生材料应分批检测，同来源、品种、粒径的再生材料检测频率宜取 3000m³ 一次。
- 9.2.2 再生材料填筑路堤时，应具有良好的级配，填料最大粒径应小于 100mm。

9.3 试验段施工

- 9.3.1 当采用再生材料填筑路基时，在正式施工之前应进行试验段施工，选取地质条件、断面形式等工程特点具有代表性的 100m 路段进行填筑。
- 9.3.2 应进行配合比试验，以确定最大干密度、最佳含水量等质量控制指标。试验段铺筑时应进行检测，采用孔隙率与施工参数双控制，确定施工工艺参数。
- 9.3.3 试验段完成后进行试验段总结，确定压实沉降差、机械组合、碾压遍数、含水率等质量控制指标，优化施工工艺。

9.4 路基填筑

- 9.4.1 当采用再生材料填筑路基时，填方路基地基表层处理应符合下列规定：
 - 1 当地基顶面存在滞水时，应根据积水深度及水下淤泥层的范围和厚度，采取排水疏干、挖除淤泥、抛石挤淤或砂砾石等处理措施。
 - 2 当地面横坡缓于 1:5 时，在清除地表草皮、腐殖土后，可直接在天然地

面上填筑路基。

3 当地面横坡为 1:5~1:2.5 时, 原地面应开挖台阶, 台阶宽度不宜小于2m, 并应设置 2%的反向坡; 当基岩面上的覆盖层较薄时, 宜先清除覆盖层再开挖台阶; 当覆盖层较厚且稳定时, 可予保留。

4 当地下水影响路堤稳定时, 应采取拦截、引排地下水或在路堤底部设置渗水性较好的隔断层等措施。

5 地基表层应碾压密实。在一般地质地段, 基底压实度不应小于90%; 当路基填土高度小于路面和路床总厚度时, 应将地基表面进行超挖并分层回填压实, 压实度不得小于95%。

9.4.2 再生材料运输宜选用加盖的自卸型土方车, 运输车数量应满足填筑的需要, 确保施工不中断, 合理安排运输路线。

9.4.3 当采用再生材料填筑路基时, 路堤边坡两侧应设置不小于 2m 厚的保护层, 保护层采用路用级配较好的砾类土、砂类土等作为填料填筑。

9.4.4 当填方路基基底的地质条件良好, 边坡高度不大于 20m 时, 边坡坡率不宜大于表 9.4.4 的规定值。

表9.4.4 填方路基边坡坡率

边坡坡率	
上部高度(H≤8m)	下部高度(H≤12m)
1:1.5	1:1.75

9.4.5 路床顶面设计回弹模量值对高速公路、快速路、一级公路和主干路不应小于 40MPa, 对二级及以下公路、次干路和支路不应小于 30MPa, 路床强度应符合表 9.4.5 的规定值。

表 9.4.5 路床填料最小强度

路床顶面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)	
	高速公路、快速路、一级公路、主干路	二级及以下公路、次干路、支路
0~0.3	10	8
0.3~0.8	8	6

9.4.6 对边坡高度超过 20m 或地面坡率陡于 1:2.5 的斜坡上的填方路基, 以及不良地质、特殊地段的填方路基, 应进行稳定、变形计算和特殊设计。

9.5 路基压实

9.5.1 路基应分层压实、均匀密实。

9.5.2 再生材料填筑路基应通过铺筑试验路段合理确定分层填筑的厚度、压实工艺及压实控制标准。宜采用孔隙率与施工参数同时作为压实质量控制指标，应按表 9.5.2 的规定执行。

表9.5.2 再生建筑废弃物压实质量控制标准

填筑类型	路基顶面以下深度（m）	摊铺厚度（mm）	孔隙率（%）
再生材料	0~0.8	300	按压实度及模量控制
	0.8~1.5	300	<10
	1.5 以下	400	<12

注：路基每层压实厚度不得小于100mm

9.5.3 再生材料填筑路基压实后的外观质量要求，表面平整密实，无明显轮迹、沉降等缺陷，无明显离析现象；边坡紧贴密实，无明显孔洞，坡面平顺。

9.5.4 市政管线沟槽回填及压实应符合下列规定：

- 1 沟槽底至管顶以上0.5m范围内采用细颗粒级配再生材料填筑时，填料最大粒径应小于30mm，并满足不同类型市政管道的填筑要求。
- 2 管槽回填再生材料的压实度应符合 9.4.4、9.5.2 的相关规定。

9.6 施工质量验收

9.6.1 再生材料用于路基填筑的施工验收应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。

9.6.2 再生材料用于路基填筑后的路床应嵌缝牢固，表面均匀、平整、稳定，无推移、浮石。

本规程用词说明

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：

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”。

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

- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB50119
- 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《混凝土外加剂》 GB8076
- 《建设用砂》 GB/T 14684
- 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》 GB/T 17617
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《混凝土和砂浆用再生细骨料》 GB/T 25176
- 《混凝土用再生粗骨料》 GB/T 25177
- 《预拌砂浆》 GB/T 25181
- 《可再分散性乳胶粉》 GB/T 29594
- 《水泥基灌浆材料》 GB/T 50448
- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 《园林绿化工程施工及验收规范》 CJJ 82
- 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》 JTG/T F30
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
- 《砌筑砂浆配合比设计规程》 JGJ/T 98
- 《抹灰砂浆技术规程》 JGJ/T 220
- 《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
- 《砌筑砂浆增塑剂》 JC/T 164
- 《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》 JC/T 539
- 《修补砂浆》 JC/T 2381

中国工程建设标准化协会标准

建筑废弃物在道路工程应用技术规程

条文说明

制定说明

本标准制定过程中，编制组针对建筑废弃物在道路工程中应用的工作，进行了广泛深入的调查研究，总结了我国道路工程建设中建筑废弃物应用的实践经验，同时参考了国内外相关技术标准（如《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30、《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 等）。此外，本标准还广泛征求了科研院所、生产企业、管养单位等不同单位的意见，在充分吸收和采纳各方意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最终修订编制完成。

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文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

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。

目录

1	总则	48
2	术语和符号	49
2.1	术语	49
3	基本规定	50
4	建筑废弃物原材料的再生加工、运输和存储	51
4.2	运输和存储	51
5	再生骨料混凝土	52
5.1	一般规定	52
5.2	原材料要求	52
5.3	技术要求	54
5.4	配合比设计	56
5.5	拌合、浇筑和养护	57
6	再生骨料水泥砂浆	59
6.1	一般规定	59
6.2	原材料要求	59
6.3	技术要求	59
6.4	配合比设计	59
7	再生骨料注浆材料	61
7.1	一般规定	61
7.2	原材料要求	61
7.3	技术要求	61
7.4	拌和、灌注及养护	61
8	再生材料用于路面基层、垫层	62
8.1	一般规定	62
8.2	原材料要求	62
8.3	基层材料技术要求	62
8.4	混合料组成设计	63
8.5	混合料拌合、施工及养护	63

9 再生材料用于路基填筑	64
9.1 一般规定	64
9.5 路基压实	64

1 总则

1.0.1 道路工程包括城市道路工程和公路工程。

1.0.2 海绵城市下凹绿地、渗水沟、软基换填、水泥搅拌桩、碎石桩、管槽回填等可参照使用。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本规程中的建筑废弃物主要指新建、改建、扩建和拆除过程中而产生的废弃混凝土、砂浆、黏土砖、石材等；不包含石膏板、石膏砌块等石膏制品。

3 基本规定

3.0.1 基于现有的研究和工程实践经验,并考虑对废混凝土回收利用的经济性和再生骨料性能要求,本规范不适用于来自下列废混凝土的建筑废弃物:

- 1 废混凝土来自于轻骨料混凝土;
- 2 废混凝土来自于沿海港口工程、核电站、医院放射间等有特殊使用要求的混凝土;
- 3 废混凝土受硫酸盐腐蚀严重;
- 4 废混凝土已受重金属污染;
- 5 废混凝土存在碱骨料反应;
- 6 废混凝土中含有大量不易分离的木屑、污泥、沥青等杂质;
- 7 废混凝土受氯盐腐蚀严重;
- 8 废混凝土已受有机物污染;
- 9 废混凝土碳化严重,质地疏松。

4 建筑废弃物原材料的再生加工、运输和存储

4.2 运输和存储

4.2.2 为防止堆放高度过高造成再生骨料离析，本条第4款中规定了再生粗骨料的
最大堆放高度。

5 再生骨料混凝土

5.1 一般规定

5.1.1 建筑废弃物的种类繁多、品质不一，为保证再生骨料混凝土的质量，并非所有建筑废弃都适合用于混凝土中，本条对建筑废弃物中回收的、可用于混凝土的再生材料范围作了规定。对再生混凝土在道路工程中的适用范围作了界定。

5.2 原材料要求

5.2.1 再生骨料的品质将直接影响再生混凝土的性能，为此本条规定了再生粗骨料的质量指标限值及分级标准。引用了现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的有关规定。含有黏土砖的再生粗骨料在混凝土中应用时，各项性能指标也应满足本条的规定。第5款中有机物含量的试验方法参照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685执行。第8款中压碎指标的试验方法参照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685执行。

5.2.2 规定了再生细骨料的质量指标限值及分级标准。引用了现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的有关规定。

5.2.3 I类再生粗骨料品质已经基本达到常用天然粗骨料的品质，其应用不受强度等级限制；为充分保证结构安全，规定II类再生粗骨料宜用于配制C40及以下强度等级的混凝土；III类再生粗骨料由于品质相对较差，可能对再生混凝土性能带来不利影响，规定用于配制C25及以下强度等级的混凝土，由于III类再生粗骨料吸水率等指标相对较高，不宜用于有抗冻要求的混凝土和有抗腐蚀要求的混凝土。

5.2.4 I类再生细骨料主要技术性能已经基本达到常用天然砂的品质，但是由于再生细骨料中往往含有水泥石颗粒或粉末，而且目前采用再生细骨料配制混凝土的应用实践相对较少，因此对再生细骨料在混凝土中的应用比再生粗骨料限制严格一些。III类再生细骨料由于品质较差，不宜用于混凝土。

5.2.5 根据国内外经验，再生骨料的试验方法与普通骨料或轻骨料基本上是统一的。为了排除测试方法带来的结果差异，便于使用和比较，引用了现行国家标准

《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177和《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的有关规定。

5.2.6 石灰石粉对水泥混凝土的抗盐冻性能不利,而且在低温下引起碳硫硅钙石腐蚀。

抗硫酸盐硅酸盐水泥中的C3A含量少,不利于对氯离子的吸收与固化,对钢筋防锈不利。

5.2.7 表5.2.7主要参考了《水工混凝土耐久性技术规范》(DL/T 5241—2010)、《铁路混凝土结构耐久性设计规范》(TB 10005—2010)、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)的规定及相关研究成果。

5.2.8 表5.2.8主要参考了《水工混凝土耐久性技术规范》(DL/T 5241—2010)、《铁路混凝土结构耐久性设计规范》(TB 10005-2010)、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)等规范及相关研究成果。

5.2.9 养护用水如与再生骨料混凝土温差过大,易使骨料表面产生裂缝,进而影响混凝土性能。因此本条对两者温差进行了规定。

5.2.10 适当掺加活性矿物掺合料可以减小水泥混凝土的水泥用量、降低水化温升,改善水泥混凝土的和易性,减小水泥混凝土的干缩变形与水化温升变形,提高水泥混凝土的抗渗性(特别是抗氯离子扩散)、耐腐蚀性等耐久性,有利于后期强度增长;但掺加量过多,会引起水泥混凝土的抗冻性下降,对钢筋的保护作用降低,并且早期强度下降较大。

粉煤灰的烧失量较大时不利于引气,且会增大拌合用水量以及受冻时水泥混凝土的水饱和程度,明显降低水泥混凝土的抗冻性,故对粉煤灰的烧失量进行较严格的控制。

5.2.11 三萜皂甙、松香热聚物类引气剂引入的气泡尺寸小、拌合物含气量稳定,对抗冻性的改善明显优于化学合成的引气剂。

部分聚羧酸盐减水剂虽然可使水泥混凝土拌合物获得较高含气量,但气泡尺寸大,不能提高水泥混凝土的抗冻性。故应使用消泡剂去除聚羧酸盐减水剂引入的大气泡,同时掺加引气剂引入微小的气泡。应选用消泡效率高且与引气剂相容性好的消泡剂。

外加剂与水泥适应性的好坏,直接影响外加剂在水泥混凝土中的作用效果

（包括拌合物含气量、气泡尺寸、气泡稳定性、减水效果、凝结时间、经时变化等），不同外加剂间也可能存在着相互作用，影响其效用的发挥。集料、活性矿物掺合料中的某些成分（如黏土、碳）也会影响外加剂的效果。故应对拟用的各种原材料进行外加剂相容性试验，当掺加多种外加剂时应一起与引气剂进行相容性试验，选出相容性好的外加剂。相同材料，不同季节施工，则外加剂的效果也可能有较大的差异，故外加剂的掺量应根据季节做实时调整。

常用的无机盐类早强剂、防冻剂对水泥混凝土抗冻性，特别是抗盐冻性能有不利影响。低温季节施工，需使用无机盐类外加剂时，应同时使用减水剂和引气剂，以保证水泥混凝土抗冻性。

当泵送剂用于引气水泥混凝土时，泵送剂中的引气组分应符合上述对引气剂的要求，以保证引气水泥混凝土拌合物中的气泡稳定性和含气量及硬化水泥混凝土中的含气量和气泡间距系数。

引气水泥混凝土表面小于2.0mm的球形气孔与椭球形气孔，是成型时微小气泡在模板处受脱模剂等作用破灭形成的，不影响水泥混凝土的内在质量。

5.3 技 术 要 求

5.3.2 再生混凝土力学性能试验方法按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB 50081的规定执行。

5.3.3 采用边长200mm和100mm的立方体试件测得的强度转换为边长150mm的立方体标准试件时，应分别乘以1.05和0.95。

5.3.4 再生混凝土的抗折强度（弯拉强度）与抗压强度之间的关系式主要参考了《再生混凝土应用技术规程》（DG/T J08—2007）。

5.3.5 再生混凝土的弹性模量主要参考了《再生混凝土应用技术规程》（DG/T J08—2007）。

5.3.6 再生混凝土收缩值是借鉴国外已有的再生混凝土规程而确定的，见表1。

表 1 再生混凝土的收缩值修正系数

国家或组织	再生粗骨料体积取代率	
	100%	30%
比利时	1.50	1.00
国际材料与结构研究实验联合会（RILEM）	1.50	1.00

荷兰	1.35~1.55	1.00
----	-----------	------

5.3.9 冻融环境等级与冻融循环次数、饱水程度、冻结温度、是否含有氯盐等有关。水泥混凝土的饱水程度与入冬前和入冬后的降水量密切相关，同一构件处于不同的地区时饱水程度可能相差较大。确定饱水程度时，应根据工程所在地受冻期间的降水量多少、部位等来确定。常见公路工程水泥混凝土构件的饱水程度示例见表2。中度饱水指冰冻前偶受水或受潮，水泥混凝土内饱水程度不高。高度饱水指冰冻前长期或频繁接触水或润湿土体，水泥混凝土内饱水程度高。

表2 公路工程水泥混凝土构件的饱水程度示例

冻融条件	饱水状态	结构构件
无盐	中度饱水	非水中的竖向构件，偶受渗漏影响的构件，干旱地区的水平构件
	高度饱水	水平构件，水位变化区的竖向构件，受渗漏影响严重的构件
有盐	中度饱水	受氯盐作用的非水中的竖向构件，偶受渗漏影响的构件，干旱地区的水平构件
	高度饱水	受氯盐作用的水平构件，潮汐区、浪溅区的竖向构件，受渗漏影响严重的构件

本细则中冻融环境等级是依据各地地表受到的有害冻融循环次数划分的。专题对水泥混凝土结构的冻害状况调研情况结果表明，河北北部、北京、辽宁、吉林等地的冻害较为严重，而黑龙江、内蒙东部等严寒地区的冻害则相对较轻。主要原因是黑龙江、内蒙东部等严寒地区，由于冬季气温较低，长期处于冻结状态，冻融循环次数相对较少，冻害相对较轻，因此冻融循环次数引起的冻害大于冻结温度。故本细则采用有害冻融循环次数来划分水泥混凝土的冻融环境等级。

对于阳光较少照射或照射不到的水泥混凝土构件，如隧道衬砌用喷射水泥混凝土等，其受到的冻融循环次数远低于外露表面，故其冻融环境等级可适当降低。

5.3.10 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG E30—2005）中T 0565的4.7的第一款为达到300次即停止冻融循环试验，因而本细则将该款改为达到规定的次数。此处冻融试验未使用GB/T 50082—2009，原因是GB/T 50082—2009规定在放置控温传感器的橡胶筒内为防冻液而不是水，由于防冻液的热容小，特别是没有水变冰、冰变水的相变热，导致试件的抗冻性试验结果偏高。

水泥混凝土盐冻试验按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG/T F30-2014）中附录C进行。

5.3.11 调查发现，栏杆等部位水泥混凝土冻融破坏严重，故本细则中该类混凝

土的最低强度等级和最大水胶比按照表5.3.11-1中设计工作年限为30年进行控制。

5.3.12 气泡间距系数与水泥混凝土的抗冻性密切相关，可用于施工过程中水泥混凝土的抗冻性质量控制或实体工程抗冻性评价。气泡间距系数按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG/T F30—2014）中附录 B 规定的方法测试。

5.3.13 适当的胶凝材料用量可以保证水泥混凝土的致密性，在一定程度上对水泥混凝土的抗冻性及耐久性有利，但胶凝材料用量过多会增大水泥混凝土的干缩、徐变，对水泥混凝土的抗裂性、耐久性均有不利影响。当不能满足最大胶凝材料用量限制时，应采取改善粗、细集料的级配、减少针片状集料含量与含泥量，采用高性能减水剂等措施以减少胶凝材料用量。

5.3.14 浆体体积指 1m^3 水泥混凝土拌合物中浆体体积（含引气剂引入的气体体积）。适宜的浆体体积是水泥混凝土获得良好的和易性、强度、耐久性的基本保证；但浆体体积过大，则硬化过程中水泥混凝土的体积变形大，易产生微裂纹，对水泥混凝土的耐久性不利。

5.3.15 耐久性是再生骨料混凝土的重要性能指标，因此本条对除抗冻耐久外的其他耐久性控制参数进行的规定。

5.4 配合比设计

5.4.1 规定了再生混凝土配合比设计的主要目的与任务，与普通混凝土基本上是一致的。

5.4.2 对再生骨料混凝土配合比设计中的设计参数做了规定。

1 在有充分试验依据的情况下，再生骨料的体积取代率可以适当放宽，但不宜超过50%。

5.4.3 本条文规定了计算试配强度时强度标准差的确定方法。对单一来源的旧混凝土破碎得到再生骨料，以不同体积取代率配制的再生混凝土的强度标准差与普通混凝土基本上是一致的。由不同来源的旧混凝土破碎获得的再生骨料配制而成的再生混凝土，其强度标准差大于普通混凝土。因此，本条文建议在再生骨料的来源复杂或不清楚以及体积取代率较大时，应适当增大标准差。

5.4.4 配合比设计是实现再生骨料混凝土技术性能的基础，也是最主要的环节之一，为此本条规定了再生骨料混凝土配合比设计的主要步骤。再生骨料混凝土宜

采用绝对体积法进行配合比计算，而不宜采用质量法，这主要是由于不同等级、不同体积取代率的再生粗骨料配制的再生骨料混凝土的干表观密度可在较大范围内变动。

2 为保证再生骨料混凝土和易性，再生骨料往往需要预吸水，从而产生附加用水量，这部分用水量不应该计入水胶比中，在配合比设计过程中仅计算净水胶比即可。

3 净用水量是指不考虑再生骨料吸水率在内的混凝土用水量，相应的水胶比为净水胶比。附加用水量则是指再生骨料吸水至饱和面干状态所需的水量。再生粗骨料采用预湿处理时，可不考虑附加用水量，再生骨料混凝土的用水量直接按净用水量确定。大量试验研究表明，为达到与普通混凝土相同的工作性能及强度，在保持水胶比不变的条件下再生骨料混凝土须增大水泥浆体用量。为此，在确定净用水量时加以考虑。

4 再生骨料表面较粗糙，为改善再生骨料混凝土的工作性能，应适当增大砂率。

7~8 再生骨料混凝土的用水量可分为净用水量和附加用水量，配合比计算和试配过程中，需要对附加用水量和总用水量进行控制。再生粗骨料采用预湿处理时，可不考虑附加用水量，再生骨料混凝土的用水量应按净用水量确定。净用水量可根据现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定取值。可在得到的参考用水量的基础上增加 10kg/m^3 或上调 5%。附加用水量应根据再生粗骨料吸水率加以确定。

5.4.5 道路用再生混凝土配合比设计可按本条执行。在确定再生混凝土的试配强度时，可由再生混凝土的抗折强度与抗压强度之间的关系，即公式（5.3.4）计算得到抗压强度设计值。路面工程用再生混凝土配合比还应考虑满足耐磨性能及抗冻性能的要求。

5.5 拌合、浇筑和养护

5.5.1~5.5.4 给出了再生骨料混凝土用于不同部位时的施工技术要求。

5.5.5 对再生混凝土施工注意事项进行了规定。

5 过分振捣水泥混凝土或过多抹面将导致气泡溢出或小气泡变成大气泡，引起含气量过多损失，从而影响水泥混凝土抗冻性。施工过程中加水或洒水将显著降低水泥混凝土，特别是表层水泥混凝土的抗冻耐久性。

7 再生混凝土成型、抹面结束后立即开始保温、保湿养护，防止养生过程

中产生微裂纹与裂缝。

9 引气水泥混凝土内部含有大量气体,终凝前暖棚加热养护或蒸汽养护时,如升温速度快、温度高,可能导致水泥混凝土产生严重开裂。

6 再生骨料水泥砂浆

6.1 一般规定

6.1.1 根据道路工程中，砂浆使用情况特点，本章的规定仅针对再生骨料砌筑砂浆和再生骨料抹灰砂。

6.1.2 预拌砂浆在原材料计量、配合比控制等方面均优于现场拌合，因此在砌筑工程和抹灰工程宜优先选用预拌砌筑砂浆和预拌抹灰砂浆。

6.2 原材料要求

6.2.1 为保证再生骨料水泥砂浆的性能，本条规定了不同等级再生骨料可应用的范围。

6.2.2~6.2.6 规定了建筑废弃物水泥砂浆所用原材料的技术要求。

6.3 技术要求

6.3.2 规定了用于有耐腐蚀要求部位时水泥砂浆的最小强度等级和最小胶凝材料用量。当强度等级低、特别是胶凝材料用量少时，水泥砂浆内部存在大量孔隙和毛细孔隙，抗腐蚀性能较差。

6.3.3~6.3.4 对再生骨料水泥抹灰砂浆和水泥粉煤灰抹灰砂浆的性能要求主要参照现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 的相关规定。对再生骨料水泥砌筑砂浆的性能要求主要参照现行行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98 的相关规定。

6.3.4 限制引气水泥砂浆的最大水胶比和最大胶砂比是为了保证水泥砂浆的密实度，提高抗冻性。为减少引气水泥砂浆的水胶比与用水量，配制引气水泥砂浆时宜掺加适量减水剂。

限于目前的技术条件，配制抗冻等级大于F300且经济性合理的引气水泥砂浆较困难，故本细则对用于冻融环境等级为D5、D6和D7的引气水泥砂浆，抗冻等级均要求达到F300。对此类环境下的水泥砌体应通过加强运营期养护，保证砌体结构的抗冻耐久性。

6.4 配合比设计

6.4.2 当水泥批次不同时，水泥的各项性能指标会产生变化，因此配制水泥砂浆时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级水泥。

6.4.3 规定砌筑水泥砂浆配合比设计的原则。

3 最低强度等级、最大水胶比、最大胶砂比都会影响砌筑砂浆的抗冻性能，因此对其进行了规定，再生骨料的加入会降低水泥砂浆的抗冻性，为此本条第 2 款规定了有抗冻要求时，水泥砂浆中再生骨料最大掺量。

4 再生细骨料的加入会降低水泥砂浆的耐腐蚀性，为此本条第 3 款中规定了用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细骨料体积取代率宜不大于 50%。对于没有耐腐蚀要求的工程（部位），再生细骨料的体积取代率可不作限制。

7 再生骨料注浆材料

7.1 一般规定

7.1.1 很多材料均可用作注浆材料，如混凝土、水泥砂浆、聚合物砂浆以及聚合物水泥砂浆等，本章中仅涉及水泥砂浆，故可使用的再生骨料仅涉及细骨料。当注浆料流动度要求难以满足时，可采用颗粒粒径小于2.36mm的再生细骨料。

7.1.2 本规程中的修补工程指一般性的常规修补，对于有早强要求的快速修补工程，修补用注浆材料应符合相关快速修补材料的要求。

7.2 原材料要求

7.2.1~7.2.5 规定了注浆材料所用原材料应满足的技术要求。

7.3 技术要求

7.3.1 根据编写组专题试验研究的结果，当体积取代率超过30%后，注浆材料的流动度下降明显，故确定再生细骨料在注浆材料中的体积取代率宜小于30%。

7.3.2 对注浆材料的技术要求主要参照《水泥基灌浆材料》GB/T 50448提出，针对本章中涉及的注浆材料特点，选择引用标准中的II类注浆材料的要求。同时，结合编写组专题研究结果及本章涉及注浆材料特点，有针对性地对注浆材料抗压强度和抗折强度提出了要求。

7.3.3 当施工环境温度大于30℃时，注浆材料的流动度损失会增大，为保证施工要求，可适当增大初始流动度。

7.4 拌和、灌注及养护

7.4.1 注浆材料所需流动度均较大，为保证其正常灌注，需将材料充分搅拌均匀，本条给出了注浆材料的搅拌原则。

7.4.2 第4款通常情况下注浆材料可以依靠自身较大的流动度充满待注浆的区域，当遇到待灌注材料不易注满的情况时，可采用表面振动方式辅助其充满待灌注区域。

7.4.3 水泥基材料的水化硬化过程需要在一定的湿度下完成，因此注浆后需对材料进行覆盖保水养护。

8 再生材料用于路面基层、垫层

8.1 一般规定

8.1.1 道路基层、底基层和垫层材料相对于面层而言在力学性能等方面要求要更低些，同时，其对粒料的需求量更大，因此更适合大量的应用建筑废弃物再生材料。

8.2 原材料要求

8.2.2 关于粉煤灰技术要求的规定主要引用现行国家标准《用于水泥混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596中的有关规定，主要因为现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008制定年限较早，且后期未经修订，该规范中未涉及道路基层用粉煤灰材料。

8.2.3 对道路基层的天然粗粒料的技术规定主要参照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1中的规定。本条第3款所列用于中、轻交通荷载等级路面基层的粒料有两种级配，一般宜采用筛孔37.5mm通过率100%或筛孔31.5mm筛孔通过率90~100%的级配范围内的粒料。当粒料受限制时，也可采用另一组级配。

8.2.6 对级配砂砾和级配砾石的技术规定主要参照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1中的规定。

8.2.7 对级配碎石和级配碎砾石的技术规定主要参照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1中的规定。

8.2.8 轻交通是指次干路以下的城镇道路，包括人行道、非机动车道、广场、支路。

8.2.9 根据编写组专题试验结果，提出了对再生黏土砖粒径、级配及取代方法的要求。当再生黏土砖的最大公称粒径较大时，混合料的强度会发生明显的降低，因此要求其最大公称粒径宜小于19mm。再生黏土砖与天然或再生骨料相比，其粒料的孔隙率大，表观密度小，故不能采用质量替代法，应采用体积取代法。

8.3 基层材料技术要求

8.3.1 本条给出了不同类型城市道路基层、底基层7d无侧限抗压强度的规定值，主要参照现行《城镇道路路面设计规范》CJJ 169中的规定。

8.3.2 本条主要给出了采用不同类型材料时基层、底基层的压实度要求，压实度

规定值参照现行主要参照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1中的相关规定确定。

8.4 混合料组成设计

8.4.1 关于再生材料用于无机结合料稳定材料配合比设计的规定主要参照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1，不同种类再生材料的体积取代率要求根据编写组进行的相关专题研究试验结果提出。

8.5 混合料拌合、施工及养护

8.5.4 水泥稳定类基层基层低温施工是指气温为5~15℃条件下的施工。

9 再生材料用于路基填筑

9.1 一般规定

9.1.4 为保证城市道路绿化带种植的植物生长，本条按现行行业标准《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82的相关要求，规定了道路绿化种植植物根系生长范围内不得采用再生材料填筑。

9.5 路基压实

9.5.2 建筑物拆除产生的建筑废弃物由不同强度混凝土、砂浆、石、黏土砖、瓷片等组成，经除杂、破碎、筛分工艺处理后，分类利用，一般强度较高、质量较好的筛分料用于结构层骨料，而强度差、混合度高的再生材料可用于路基填筑，其压实效果介于石夹土和软石料之间，再生材料填筑路堤的质量与施工机具的性能密切相关，本规程推荐采用大功率推土机和重型压实机具相匹配的施工方法，总结实验的工程经验和相关科研成果，提出了再生材料摊铺厚度、最大粒径和空隙率的压实质量标准。