

深圳市住房和建设局文件

深建科工〔2018〕52号

深圳市住房和建设局关于印发《道路工程 建筑废弃物再生产品应用技术规程》的通知

各有关单位：

为规范建筑废弃物再生产品在道路工程中的应用，保障道路工程质量，根据《深圳市建设工程质量管理条例》以及相关法规和技术标准的规定，结合我市实际，市住房和建设局组织编制了《道路工程建筑废弃物再生产品应用技术规程》（深圳市工程建设标准，编号 SJG 48-2018），现予印发，并自 2018 年 9 月 1 日起实施，请遵照执行。

特此通知。

(此页无正文)



深圳市工程建设标准

SJG 48-2018

道路工程建筑废弃物再生产品应用技术规程

Technical Specification for Application of Construction
Waste Recycled Products in Road Engineering

2018-08-09 发布

2018-09-01 实施

深圳市住房和建设局

发布

前言

经深圳市住房和建设局立项，由深圳市市政设计研究院有限公司主编，哈尔滨工业大学、深圳市市政工程总公司等作为主要参编单位，完成《道路工程建筑废弃物再生产品应用技术规程》。

为响应国家节能减排、保护环境的号召，促进建筑废弃物在道路工程中的推广应用，本规程编制组经广泛调查研究，认真总结国内外相关技术成果和实践经验，通过大量室内外科实验研究，依据或参考有关技术标准，编制《道路工程建筑废弃物再生产品应用技术规程》。

本规程主要章节内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 建筑废弃物原材料的再生加工、运输和存储；5. 再生骨料混凝土；6. 再生骨料水泥砂浆；7. 再生骨料注浆材料；8. 再生材料用于路面基层；9. 再生材料用于路基填筑。

本规程由深圳市住房和建设局管理，由深圳市市政设计研究院有限公司负责具体技术条文解释。实施过程中如有意见或建议，请寄送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）。

主编单位：深圳市市政设计研究院有限公司

参编单位：哈尔滨工业大学

深圳市建设科技促进中心

深圳市市政工程总公司

深圳市光明新区建筑工务局

深圳市交通工程质量监督站

中国市政工程西北设计研究院有限公司

深圳市路桥建设集团有限公司

深圳市综合交通设计研究院有限公司

深圳华威环保建材有限公司

深圳市绿发鹏程环保科技有限公司

深圳市汇利德邦环保科技有限公司

主要起草人：徐波 葛勇 蔡小平 徐东 曹淑学 杨文萃

程生平 于 芳 冯 芳 宋 华 张明亮 何政军
唐振忠 彭志明 张 伟 王 元 王 媛 刘敬华
赵 刚 孙国庆 张云峰 黄 勤 李 蕾 何 锋
龚春城 钟喜增 姬广祥 张金刚 张占洋 董淑慧
谢勇利 原 华 关 宇 尹剑辉 江 建 刘铁军
赵夕朝 黄国祥 王瑜明

主要审查人：刘小生 丁茂瑞 朱秀兰 周英武 陈泽广 万 众

杨根宏

业务归口单位主要指导人员：钟晓鸿 刘向阳 岑 岩

目 录

1 总则.....	3
2 术语和符号.....	4
2.1 术语.....	4
2.2 符号.....	5
3 基本规定.....	6
4 建筑废弃物原材料的再生加工、运输和储存.....	7
4.1 原材料再生加工.....	7
4.2 运输和储存.....	8
5 再生骨料混凝土.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 原材料要求.....	9
5.3 再生骨料混凝土技术要求.....	14
5.4 再生骨料混凝土配合比设计.....	15
5.5 拌合、浇筑和养护.....	18
5.6 施工质量验收.....	18
6 再生骨料水泥砂浆.....	19
6.1 一般规定.....	19
6.2 原材料要求.....	19
6.3 水泥砂浆技术要求.....	19
6.4 配合比设计.....	20
6.5 拌合、施工和养护.....	21
6.6 施工质量验收.....	21
7 再生骨料注浆材料.....	22
7.1 一般规定.....	22
7.2 原材料要求.....	22
7.3 注浆材料技术要求.....	22
7.4 拌合、灌注及养护.....	23
7.5 施工质量验收.....	23
8 再生材料用于路面基层.....	24

8.1 一般规定.....	24
8.2 原材料要求.....	24
8.3 基层材料技术要求.....	27
8.4 混合料组成设计.....	28
8.5 混合料拌合、施工及养护.....	29
8.6 施工质量验收.....	29
9 再生材料用于路基填筑.....	30
9.1 一般规定.....	30
9.2 路基填筑.....	30
9.3 路基压实.....	31
9.4 施工质量验收.....	32
本规范用词说明.....	31
引用标准名录.....	32
附：条文说明.....	33

Contents

1 General Provisions.....	3
2 Terms and Symbols.....	4
2.1 Terms.....	4
2.2 Symbols.....	5
3 Basic Requirements.....	6
4 Crushing Process, Transportation and Storage of Construction Waste.....	7
4.1 Crushing Process of Raw Materials.....	7
4.2 Transportation and Storage.....	8
5 Recycled Aggregate Concrete.....	9
5.1 General Requirements.....	9
5.2 Reauirements of Raw Materials.....	9
5.3 Technical Requirements of Recycled Aggreate Concrete.....	14
5.4 Mix Design of Recycled Aggregate Concrete.....	15
5.5 Production, Casting and Curing.....	18
5.6 Construction Quality Acceptance.....	18
6 Recycled Aggregate Mortar.....	19
6.1 General Requirements.....	19
6.2 Reauirements of Raw Materials.....	19
6.3 Technical Requirements of Recycled Aggreate Mortar.....	19
6.4 Mix Design of Recycled Aggregate Mortar.....	20
6.5 Production, Casting and Curing.....	21
6.6 Construction Quality Acceptance.....	21
7 Recycled Aggregate Grouting Materials.....	22
7.1 General Requirements.....	22
7.2 Reauirements of Raw Materials.....	22
7.3 Technical Requirements of Recycled Aggregate Grouting Materials.....	22
7.4 Production, Casting and Curing.....	23
7.5 Construction Quality Acceptance.....	23
8 Recycled Materials Used to Make Bases.....	24

8.1 General Requirements.....	24
8.2 Reauirements of Raw Materials.....	24
8.3 Reauirements of Based Materials.....	27
8.4 Mix Design.....	28
8.5 Production, Casting and Curing.....	29
8.6 Construction Quality Acceptance.....	29
9 Recycled Materials Used to Subgrade Filling.....	30
9.1 General Requirements.....	30
9.2 Subgrade Filing.....	30
9.3 Subgrade Compaction.....	31
9.4 Construction Quality Acceptance.....	32
Explanation of Wording in This Code.....	31
List of Quoted Standards.....	32
Additon: Explanation of Provisions.....	33

1 总则

1.0.1 为贯彻执行国家有关节约资源、保护环境的经济政策；促进深圳市建筑废弃物的再生利用，规范再生材料使用过程中的技术要求、工艺及检测方法，使利用过程做到安全适用、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城市道路工程中的应用。

1.0.3 建筑废弃物在城市道路工程中的应用，除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和地方现行相关标准的规定。

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活动中产生的废弃砖瓦、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，用于配制混凝土、砂浆、注浆材料、基层材料的粗、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、砂浆、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、细骨料和粒料的比例。

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 净用水量 Net water content

再生混凝土配合比设计中，不考虑再生骨料吸水量在内的混凝土用水量。

2.1.11 净水胶比 Net water-binder ratio

再生混凝土配合比设计中，混凝土净用水量与胶凝材料用量的比值。

2.1.12 附加用水量 Additional water content

再生骨料吸水至饱和面干状态所需的水量。

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_c ——水泥密度；

ρ_f ——矿物掺合料密度；

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；

ρ_w ——水的密度；

α ——混凝土的含气量百分数，在不使用引气型外加剂时， α 可取为1。

f_{rk} ——再生骨料混凝土的抗折强度标准值；

3 基本规定

3.1.1 被污染或腐蚀的建筑废弃物不得用于制备再生材料。

3.1.2 再生材料进场时应做好相关信息的采集与记录工作，主要应包括拆除结构的用途、服役时间和原始混凝土强度等级等。

3.1.3 再生材料的选择应满足所制备的混凝土、砂浆、注浆材料或基层材料的性能要求。

4 建筑废弃物原材料的再生加工、运输和储存

4.1 原材料再生加工

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

- 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 振动给料机和预筛分机宜采用带有预筛分效果的振动给料机；
- 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。

4.1.2 一级除杂应符合下列要求。

- 1 一级除杂宜在预筛分后的物料通过皮带输送机送进颚式破碎机前完成；
- 2 一级除杂可通过人工或机械挑拣完成；
- 3 一级除杂应除去建筑废弃物中的衣物、木块和管材等大块杂质。

4.1.3 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粗碎，粗碎后的建筑废弃物粒径不宜大于300mm。

4.1.4 二级除杂应在建筑废弃物粗碎后进行，且应符合以下要求。

- 1 二级除杂应除去建筑废弃物中的铁质、有机质等杂质；
- 2 二级除杂可通过磁选、风选以及人工除杂等方式完成。

4.1.5 二级破碎应在二级除杂后进行，且应符合以下要求。

- 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。

4.1.6 二级破碎（细碎）后的再生材料应由皮带输送机送进振动筛进行筛分，筛分出几种不同规格的再生骨料，满足粒径、级配要求的再生骨料由成品皮带输送机送往成品料堆中；不满足粒径要求的再生骨料应由皮带输送机返送到二级破碎环节进行再次破碎。

4.1.7 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，将粉尘吸附到除尘器（如电除尘器、布袋收尘器）中进行粉尘收集。

4.1.8 应对破碎系统及筛分系统进行降噪处理，使其符合生产噪音排放标准要求（4类要求：昼间 70 分贝，夜间 55 分贝）。

4.2 运输和储存

4.2.1 再生材料运输时，应采取措施防止混入杂物和粉尘飞扬。

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 堆放应防止混入泥土和其他可能改变其品质的杂质；
- 4 再生粗骨料堆放高度一般不宜超过5米，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混凝土。

5.1.2 再生骨料配制的混凝土可用于混凝土路面、预制铺设于人行道、停车场、广场等铺砌式路面砖、护坡植草砖和路缘石、挡土墙等构筑物，也可预制市政管网砌筑用砖。当再生粗骨料中混入的黏土砖颗粒含量大于3%时，不宜用于混凝土路面。

5.1.3 再生粗、细骨料宜用于生产强度等级为C20、C25、C30、C35、C40的再生骨料混凝土。再生黏土砖粗骨料可用于强度等级为C30及以下的混凝土。

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超过砖厚度的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可分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类，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 再生粗骨料的微粉含量和泥块含量应符合表5.2.1-2的规定。

表5.2.1-2 微粉含量和泥块含量

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

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。再生粗骨料经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

10 经碱骨料反应试验后，由再生粗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%。

5.2.2 再生细骨料按性能要求可分为 I 类、II类和III类，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，再生粗骨料的微粉含量和泥块含量应符合表5.2.2-2的规定。

表5.2.2-2 微粉含量和泥块含量

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

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 按质量计）/%	<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。再生细骨料经5次循环后，其指标应符合表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/%	<6	<48	<52

9 经碱骨料反应试验后，由再生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%。

5.2.3 I类再生粗骨料可用于配制各种强度等级的混凝土；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类再生粗骨料可用于配制C25及以下强度等级的混凝土，不宜用于配制有抗腐蚀要求的混凝土。

5.2.4 I类再生细骨料可用于配制C40及以下强度等级的混凝土；II类再生细骨料宜用于配制C25及以下强度等级的混凝土；III类再生细骨料不宜用于配制结构混凝土。

5.2.5 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。

5.2.6 再生骨料混凝土所用水泥应现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175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。

5.2.7 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；天然细骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的要求；

5.2.8 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。不得使用海水拌制钢筋再生骨料混凝土，不宜用海水拌制有

饰面要求的素再生骨料混凝土。

5.2.9 再生骨料混凝土中宜掺加粉煤灰、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。

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。

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

5.3 再生骨料混凝土技术要求

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 再生混凝土立方体抗压强度的尺寸效应换算系数按普通混凝土取值。

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（ $\times 10^4$ MPa）

强度等级	C30	C35	C40
弹性模量	2.42	2.53	2.63

5.3.6 再生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，再生粗骨料取代率为30%时可取1.0，再生粗骨料取代率为100%时可取1.5，中间可采用线性内插取值。

5.3.7 再生混凝土的徐变系数可参照普通混凝土取值。

5.3.8 再生混凝土的泊松比可取为0.2。

5.3.9 再生骨料混凝土的耐久性设计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。

5.3.10 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 再生骨料混凝土配合比设计

5.4.1 基于性能的再生骨料混凝土配合比设计应符合下列规定：

- 1 满足工作性要求；
- 2 满足强度要求；
- 3 满足耐久性要求；
- 4 满足经济性要求。

5.4.2 再生骨料混凝土配合比设计中的设计参数应符合下列规定：

1 再生粗骨料取代率和再生细骨料取代率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，再生粗骨料取代率和再生细骨料的总取代率不宜大于50%，但 I 类再生粗骨代率可不受限制。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。再生黏土砖粗骨料用于 C30 混凝土的体积取代率不宜大于10%。

2 对于不掺加再生细骨料的混凝土，当仅掺 I 类再生粗骨料或 II 类、III 类再生粗骨料取代率小于30%时，再生骨料混凝土强度标准差可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定取值；当 II 类、III 类再生粗骨料取代率大于30%时，再生骨料混凝土强度标准差应根据同品种、同强度等级再生骨料混凝土统计资料计算确定，当施工单位具有近期的同一品种再生骨料混凝土资料时，强度标准差可按公式（5.4.2）计算。强度等级不大于C20的再生骨料混凝土，当强度标准差计算值不小于3.0MPa时，应按计算结果取值，当计算值小于3.0MPa时，强度标准差取3.0MPa；强度等级大于C20且不大于C40的再生骨料混凝土，当强度标准差计算值不小于4.0MPa时，应按计算结果取值，当计算值小于4.0MPa时，强度标准差取4.0MPa；

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,0}^2 - n \cdot m_{fcu}^2}{n-1}} \quad (5.4.2)$$

式中 $f_{cu,i}$ ——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， $n \geq 30$ 。

当施工单位无统计资料计算再生骨料混凝土强度标准差时，其值可按表5.4.2选取。

表5.4.2 再生骨料混凝土强度标准差推荐值

强度等级	C30	C35、C40
σ (MPa)	5.0	6.0

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

3 掺用再生细骨料的混凝土，再生骨料混凝土强度标准差可根据相同再生骨料掺量和同强度等级的同品种再生骨料混凝土统计资料计算确定，当计算值小于本规范表5.4.2中对应值时，应按本规范表5.4.2的规定取值；当无统计资料时，强度标准差宜按本表5.4.2的规定取值。

4 再生骨料混凝土宜采用绝对体积法进行配合比计算。在不使用引气型外加剂时，含气量可取1%。

5 再生骨料混凝土的用水量可分为净用水量和附加用水量。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应按净用水量确定。

6 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/m³或上调5%。

7 附加用水量应根据再生粗骨料吸水率加以确定。

8 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。

9 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%。

10 再生骨料混凝土的净水灰比（或水泥用量）不宜大于（或小于）《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55所规定的最大水灰比（或最少水泥用量）。当再生骨料混凝土的净水灰比（或水泥用量）大于（或小于）《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55所规定的最大水灰比（或最少水泥用量）时应按规定的最大水灰比（或最少水泥用量）取值。

5.4.3 再生骨料混凝土的配合比设计应按下列步骤进行：

1 计算试配强度，并求出相应的净水胶比；水胶比计算可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。再生骨料混凝土的试配强度应按式5.4.3-1确定：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.4.3-1)$$

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 选取单位立方米混凝土的净用水量,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。

3 选取砂率,按绝对体积法计算粗骨料和细骨料的用量,应按式5.4.3-2、5.4.3-3和5.4.3-4计算:

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{f0}}{\rho_f} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \frac{m_{rg0}}{\rho_{rg}} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{rs0}}{\rho_{rs}} + 0.01\alpha = 1 \quad (5.4.3-2)$$

$$\frac{\frac{m_{rg0}}{\rho_{rg}}}{\frac{m_{rg0}}{\rho_{rg}} + \frac{m_{g0}}{\rho_g}} = \delta_g \quad (5.4.3-3)$$

$$\frac{\frac{m_{rs0}}{\rho_{rs}}}{\frac{m_{rs0}}{\rho_{rs}} + \frac{m_{s0}}{\rho_s}} = \delta_s \quad (5.4.3-4)$$

式中 ρ_c ——水泥密度 (kg/m^3);

ρ_f ——矿物掺合料密度 (kg/m^3);

ρ_g ——粗骨料的表观密度 (kg/m^3);

ρ_{rg} ——再生粗骨料的表观密度 (kg/m^3);

ρ_s ——细骨料的表观密度 (kg/m^3);

ρ_{rs} ——再生细骨料的表观密度 (kg/m^3);

ρ_w ——水的密度 (kg/m^3),可取 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$;

α ——混凝土的含气量百分数,在不使用引气型外加剂时, α 可取为1。

4 根据再生粗骨料的用量及其吸水率计算出附加用水量。

5 根据水泥用量和水的总用量以及粗细骨料用量得出试配用的计算配合比。

6 进行再生骨料混凝土配合比的试配与调整。

5.4.4 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 (5.3.4),确定再生混凝土的抗压强度,按照5.4.1~5.4.3进行配合比设计。

5.4.5 配合比的调整可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。

5.5 拌合、浇筑和养护

5.5.1 再生骨料混凝土浇筑面层的施工准备、混凝土的搅拌与运输、铺筑、养护与填缝应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

5.5.2 采用预制混凝土块的铺砌式面层的施工技术应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

5.5.3 现浇再生混凝土挡土墙的施工应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

5.5.4 路缘石、护坡等附属构筑物的施工应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

5.6 施工质量验收

5.6.1 再生骨料混凝土浇筑面层、铺砌式面层、挡土墙以及路缘石等附属建筑物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。

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，可分别用于砌筑工程和抹灰工程。

6.1.2 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，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《通用硅酸盐水泥》GB175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《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。

6.2.4 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。

6.2.5 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《砌筑砂浆增塑剂》JG/T 164和《可再分散胶粉》GB/T 29594的规定。

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

6.3 水泥砂浆技术要求

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，强度等级应不小于M15，且胶凝材料用量不应少于520kg/m³。

6.3.3 水泥抹灰砂浆应符合下列规定：

- 1 强度等级应为M15、M20、M25、M30；
- 2 拌合物的表观密度不宜小于 $1900\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- 3 保水率不宜小于82%，拉伸粘结强度不应小于 0.20MPa 。
- 4 用于有耐腐蚀要求的部位时，强度等级应不小于M15，且胶凝材料用量不应少于 $520\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6.3.4 水泥粉煤灰抹灰砂浆应符合下列规定

- 1 强度等级应为M5、M10、M15；
- 2 拌合物的表观密度不宜小于 $1900\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- 3 保水率不宜小于82%，拉伸粘结强度不应小于 0.15MPa 。
- 4 用于有耐腐蚀要求的部位时，强度等级应不小于M15，且胶凝材料用量不应少于 $520\text{kg}/\text{m}^3$ 。

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和易性、强度和耐久性的要求。

6.4.2 再生骨料水泥砂浆用水泥的强度等级应根据设计要求进行选择。配制同一品种、同一强度等级再生骨料水泥砂浆时，宜采用同一水泥厂生产的同一品种、同一强度等级水泥。

6.4.3 再生骨料砌筑水泥砂浆配合比设计可按下列步骤进行：

- 1 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 用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细骨料取代率宜不大于50%；
- 3 外加剂、添加剂和掺合料的品种和掺量应通过试验确定。

6.4.4 再生骨料抹灰水泥砂浆配合比设计可按下列步骤进行：

- 1 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；
- 2 用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细骨料取代率宜不大于50%；

3 外加剂、添加剂和掺合料的品种和掺量应通过试验确定。

6.5 拌合、施工和养护

6.5.1 再生骨料水泥砂浆，其拌制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其设计强度的80%以上。

6.6 施工质量验收

6.6.1 再生骨料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 本章中注浆材料在无特殊说明情况下，指灌注水泥砂浆。
- 7.1.2 再生骨料用于注浆材料时，在无特殊说明的情况下，一般作为细骨料使用。
- 7.1.3 注浆材料可用于道面混凝土的原位再生及修补。

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细骨料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现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。
- 7.2.4 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。
- 7.2.5 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。

7.3 注浆材料技术要求

- 7.3.1 再生细骨料在注浆材料中的取代率宜小于30%。
- 7.3.2 注浆材料主要性能应符合表7.3.2的规定。

表7.3.2 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

续表7.3.2

氯离子含量 (%)	<0.1
泌水率 (%)	0

注：1 表中抗折强度外的各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。

7.3.3 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 拌合、灌注及养护

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过程中可采用表面振动方式辅助其充满待灌注区域。

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 注浆后工程验收应符合下列规定：

- 1 灌浆施工时，应以每50t为一个留样检验批，不足50t时应按一个检验批计；
- 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根据实际需要确定；
- 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

8.1 一般规定

- 8.1.1 再生材料可取代天然材料用于道路基层和底基层材料中。
- 8.1.2 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。
- 8.1.3 应根据城市道路等级、交通荷载等级、结构形式、材料类型等因素确定材料技术要求。

8.2 原材料要求

- 8.2.1 应用再生材料作基层材料时，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 应用再生材料作基层材料时，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 用于道路基层的天然粒料和替代天然粒料的再生材料应符合以下规定：
 - 1 级配碎石、砂砾、未筛分碎石、碎石土、砾石、煤矸石，再生粗、细骨料及再生粉料等材料均可做粒料原材；
 - 2 作基层时，粒料最大粒径不宜超过37.5mm；
 - 3 作底基层时，粒料最大粒径：对城市快速路、主干路不应超过37.5mm；对次干路及以下道路不应超过53mm；
 - 4 各种粒料，应按其自然级配状况，经调整使其符合表8.2.3的规定；
 - 5 碎石、砾石、煤矸石和再生材料等的压碎值：对城市快速路、主干路基层和底基层不应大于30%；对其他道路基层不应大于30%，对底基层不应大于35%；
 - 6 骨料中有机质含量不应超过2%；
 - 7 骨料中硫酸盐含量不应超过0.25%；
 - 8 塑限不大于28%，塑性指数不大于9。

表8.2.3 水泥稳定材料的颗粒范围

项目		通过质量百分率 (%)				
		底基层		基层		
		次干路	城市快速路、 主干路	次干路		城市快速路、 主干路
筛孔尺寸 (mm)	53	100				
	37.5		100	100	90~100	
	31.5			90~100		100
	26.5				66~100	90~100
	19			67~90	54~100	72~89
	9.5			45~68	39~100	47~67
	4.75	50~100	50~100	29~50	28~81	29~49
	2.36			18~38	20~70	17~35
	1.18				14~57	
	0.60	17~100	17~100	8~22	8~17	8~22
	0.075	0~50	0~30 ^①	0~7	0~30	0~7 ^②

注：① 当用中粒土、粗粒土作为城市快速路、主干路底基层时，颗粒组成范围宜采用作次干路基层的组成。

② 集料中0.5mm以下细料土有塑性指数时，小于0.075mm的颗粒含量不得超过5%；细粒土无塑性指数时，小于0.075mm的颗粒含量不得超过7%。

8.2.4 应用再生材料作基层材料时，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。

8.2.5 应用水泥稳定再生材料作基层材料时，如使用缓凝剂、早强剂和减水剂等外加剂，应对混合料进行试验验证。外加剂技术要求应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30的规定。

8.2.6 级配砂砾和级配砾石以及用于替代级配砂砾和级配砾石的再生材料可作为城市次干路及其以下道路的基层，其性能应符合下列要求：

1 含泥量不应大于砂质量（粒径小于5mm）的10%，砾石颗粒中细长及扁平颗粒含量不应超过20%；

2 级配砾石或再生材料做次干路及其以下道路底基层时，级配中最大粒径宜小于53mm，做基层时最大粒径不应大于37.5mm；

3 级配砂砾及级配砾石或再生材料的颗粒范围和技术指标宜符合表8.2.6-1的规定；

4 压碎值应符合表8.2.6-2的规定。

表8.2.6-1 颗粒范围及技术指标要求

项目		通过质量百分率 (%)		
		基层	底基层	
		砾石	砾石	砂砾
筛孔尺寸 (mm)	53		100	100
	37.5	100	90~100	80~100
	31.5	90~100	81~94	
	19	73~88	63~81	
	9.5	49~69	45~66	40~100
	4.75	29~54	27~51	25~85
	2.36	17~37	16~35	
	0.60	8~20	8~20	8~45
	0.075	0~7 ^①	0~7 ^①	0~15
液限 (%)		<28	<28	<28
塑性指数		<6 (或9 ^②)	<6 (或9 ^②)	<9

注：① 潮湿多雨地区塑性指数宜小于6，其他地区塑性指数宜小于9；

② 对于无塑性的混合料，小于0.075mm的颗粒含量接近高限。

表8.2.6-2 压碎值要求

项目	压碎值 (%)	
	基层	底基层
城市快速路、主干路	<26	<30
次干路	<30	<35
次干路一下道路	<35	<40

8.2.7 级配碎石和级配碎砾石以及用于替代级配碎石和级配碎砾石的再生材料应符合下列规定：

1 轧制碎石的材料可以为各类型的岩石（软质岩石除外）、砾石。轧制碎石的砾石粒径应为碎石最大粒径的3倍以上，碎石中不应有黏土块、植物根叶、腐殖质等有害物质；

2 针片状颗粒的总含量不应超过 20%；

3 颗粒范围和技术指标应符合表8.2.7的规定

表8.2.7 颗粒范围及技术指标要求

项目		通过质量百分率 (%)			
		基层		底基层 ^③	
		次干路及 以下道路	城市快速路、 主干路	次干路及 以下道路	城市快速路、 主干路
筛孔尺寸 (mm)	53			100	
	37.5	100		85~100	100
	31.5	90~100	100	69~88	83~100
	19	73~88	85~100	40~65	54~84
	9.5	49~69	52~74	19~43	29~59
	4.75	29~54	29~54	10~30	17~45
	2.36	17~37	17~37	8~25	11~35
	0.60	8~20	8~20	6~18	6~21
	0.075	0~7 ^①	0~7 ^①	0~10	0~10
液限 (%)		<28	<28	<28	<28
塑性指数		<6 (或9 ^②)	<6 (或9 ^②)	<6 (或9 ^②)	<9

注：① 潮湿多雨地区塑性指数宜小于6，其他地区塑性指数宜小于9；

② 对于无塑性的混合料，小于0.075mm的颗粒含量接近高限；

③ 底基层所列为未筛分碎石颗粒组成范围。

4压碎值应符合本规程表8.2.6-2的规定

8.2.8 用于基层的再生黏土砖骨料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。

8.3 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：对于城市快速路和主干路基层应为3.0~4.0 MPa，对底基层应为1.5~2.5MPa；对其他等级道路基层应为2.5~3.0MPa，对底基层为1.5~2.0MPa。

8.3.2 基层及底基层的压实度应符合表8.3.2的规定。

表8.3.2 基层、底基层压实度要求

工程类别		标准值 (%)
基层	城市快速路、主干路	≥97
	其他等级道路	≥95
底基层	城市快速路、主干路	≥95
	其他等级道路	≥93

8.4 混合料组成设计

8.4.1 再生材料无机结合料稳定材料配合比设计应符合以下规定：

- 1 试配时水泥掺量宜按表8.4.1选取；
- 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：粗粒土、中粒土中应为3%，细粒土为4%；
- 3 根据已有的技术资料和技术要求，确定不同种类再生材料的取代率；当缺乏技术资料时，被稳定材料中再生粗骨料取代率宜控制在50%以下，再生细骨料取代率宜控制在20%以下，再生黏土砖骨料取代率宜控制在10%以下；级配碎石中再生粗骨料取代率宜控制在60%以下，再生黏土砖骨料取代率宜控制在10%以下；
- 4 外加剂的用量宜通过试验确定。

表8.4.1 水泥稳定类材料试配水泥掺量

土壤、粒料种类	结构部位	水泥掺量 (%)				
		1	2	3	4	5
塑性指数<12的细粒土	基层	5	7	8	9	11
	底基层	4	5	6	7	9
其他细粒土	基层	8	10	12	14	16
	底基层	6	8	9	10	12
中粒土、粗粒土	基层	3	4	5	6	7
	底基层	3	4	5	6	7

8.4.2 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；取代后再生材料无机结合料稳定材料的各项性能指标应符合设计要求。

8.5 混合料拌合、施工及养护

8.5.1 掺加再生材料的基层材料，其拌合、摊铺和碾压应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

8.5.2 掺加再生材料的基层材料，其养护应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的规定。

8.6 施工质量验收

8.6.1 掺加再生材料的基层材料，其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 再生材料用于路基填筑

9.1 一般规定

9.1.1 建筑废弃物经加工破碎后，可替代天然路用土或粒料用于城市道路机动车道、人行道、自行车道范围内路床、路基填筑以及管槽回填。

9.1.2 路基填筑用再生材料中不得含有生活垃圾、泥炭、淤泥、草皮、树根等，当含有木屑、塑料制品成分时，其含量不得大于 3%。

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外侧 1.0m 范围内，路表以下 3m 深，不得采用再生材料填筑。

9.2 路基填筑

9.2.1 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，宜先清除覆盖层在开挖台阶；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%。

9.2.2 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。

9.2.3 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 9.2.3 的规定值。

表 9.2.3 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	1.75

9.2.4 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。

9.2.5 路床顶面设计回弹模量值对快速路和主干路不应小于 40MPa，对次干路和支干路不应小于 30MPa，路床强度应符合表 9.2.5 的规定值。

表 9.2.5 路床填料最小强度

路床顶面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)		压实度 (%)
	快速路、主干路	次干路、支路	
0~0.3	10	8	95
0.3~0.8	8	6	94

9.2.6 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。

9.3 路基压实

9.3.1 路基应分层压实、均匀密实。

9.3.2 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，并按表 9.3.2 的规定执行。

表 9.3.2 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

9.3.3 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 9.2.5、9.3.2 的相关规定。

9.4 施工质量验收

9.4.1 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》。

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:

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

- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》 JTG/T F30
- 《混凝土和砂浆用再生细骨料》 GB/T 25176
- 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 《混凝土外加剂》 GB8076
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB50119
- 《混凝土用再生粗骨料》 GB/T 25177
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
- 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 《建设用砂》 GB/T 14684
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《砌筑砂浆配合比设计规程》 JGJ/T 98
- 《水泥基灌浆材料》 GB/T 50448
- 《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》 GB/T 17617
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《修补砂浆》 JC/T 2381
- 《预拌砂浆》 GB/T 25181
- 《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
- 《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

条文说明

1 总则

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

2.1.1 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

3.1.1 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、运输和储存

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

5.1.1 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。

5.1.2 对再生混凝土在城市道路工程中的适用范围作了界定。

5.2.1 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8款中压碎指标的试验方法参照GB/T 14685执行。

5.2.1~5.2.2 规定了再生粗骨料和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。

5.2.3 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，为了便于使用和比较，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。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。

5.2.6~5.2.11 规定了再生混凝土除骨料外的其他原材料的性能指标要求。为控制再生混凝土的质量，其所用原材料必须符合国家现行有关标准。

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，是基于国内外具有代表性的528组再生混凝土试验数据的统计回归分析得出的。

5.3.5 再生混凝土的弹性模量是基于国内外具有代表性的528组再生混凝土试验数据的统计回归分析得出的。

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5.3.6。

表5.3.6 再生混凝土的收缩值修正系数

国家或组织	再生粗骨料取代率	
	100%	30%
比利时	1.50	1.00
RILEM	1.50	1.00
荷兰	1.35~1.55	1.00

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，再生骨料的取代率可以适当放宽，但不宜超过50%。

2~3 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取代率较大时，应适当增大标准差。

4 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。

5~7 净用水量是指不考虑再生骨料吸水率在內的混凝土用水量，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。

9 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。

5.4.3 规定了再生骨料混凝土配合比设计的主要步骤，与普通混凝土的绝对体积

法基本一致。

5.4.4 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。

6 再生骨料水泥砂浆

6.1.1 根据道路工程特点，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制，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。

6.2.1~6.2.6 规定了建筑废弃物水泥砂浆所用原材料的技术要求。

6.3.2 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《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 的相关规定。

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 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2款中规定了用于有耐腐蚀要求的部位时，再生细骨料取代率宜不大于50%。对于没有耐腐蚀要求的工程（部位），再生细骨料的取代率可不做限制。

7 再生骨料注浆材料

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。

7.1.2 由于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。

7.1.3 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。

7.2.1~7.2.5 规定了注浆材料所用原材料应满足的技术要求。

7.3.1 根据编写组专题试验研究的结果，当取代率超过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°C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。

7.4.1 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 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

8.1.1 道路基层和底基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。

8.2.2 关于粉煤灰技术要求的规定主要引用现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015中的有关规定，主要因为现行《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4款所列用于次干路基层的粒料有两种级配，一般宜采用筛孔37.5mm通过率100%，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。

8.2.4 关于拌合与养生用水技术要求的规定主要引用现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015中的有关规定。

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。

8.2.9 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。

8.3.1 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《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1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。

8.4.1 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。