

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

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

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°C 且最高地表温度大于 0°C 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；

$f_{\text{cu},i}$ ——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；

$f_{\text{cu},0}$ ——再生骨料混凝土试配强度；

$f_{\text{cu},k}$ ——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；

$m_{\text{rg}0}$ ——再生粗骨料用量；

$m_{\text{rs}0}$ ——再生细骨料用量；

$m_{\text{g}0}$ ——粗骨料用量；

$m_{\text{s}0}$ ——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			
		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（ $\times 10^4$ 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/m²。

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 T0565 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 _{a30}	0.55
F150			C _{a35}	0.55		0.50
F200	C _{a35}	0.50		0.50		0.45
F250	C _{a40}	0.45	C _{a40}	0.45		0.45
F300	C _{a45}	0.40	C _{a45}	0.40		
F350					C _{a40}	
F400	C _{a50}	0.36			C _{a45}	0.40
F450			C _{a40}	0.40		

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	$\leq\text{F150}$	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。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/118124016012006053>