  **T/CECS XXX-XXXX**

中国工程建设协会标准

再生块体与骨料混凝土应用技术标准

Technical standard for application of recycled lump-aggregate concrete

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

再生块体与骨料混凝土应用技术标准

Technical standard for application of recycled lump-aggregate concrete

T/CECS XXX-XXXX

主编单位：华南理工大学

 中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX 月 XX 日

中国计划出版社

**20XX 北 京**

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字﹝2022﹞40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，制定本标准。

本标准共分7章和2个附录，主要内容包括：总则、符号与术语、原材料、再生块体-骨料混凝土性能、配合比设计、施工、质量检验和验收等。

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。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由华南理工大学负责技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给华南理工大学（地址：广东省广州市天河区五山路381号，邮箱：510641）。

主编单位：华南理工大学

中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：哈尔滨工业大学

广州市建筑科学研究院集团有限公司

北京工业大学

中建三局集团有限公司

中国建筑第四工程局有限公司

西安建筑科技大学

广东省建筑工程集团有限公司

中建八局湾区建设发展有限公司

主要起草人：吴 波 赵霄龙 简思敏 王玉银

张延欣 胡贺松 白宝军 耿凌鹏

高 亮 孙金辉 张建伟 刘 超

赵新宇 池汇海 肖金水 侯 爽

张 涛

主要审查人：××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ×××

目 次

[1 总则 1](#_Toc142656618)

[2 术语和符号 2](#_Toc142656619)

[2.1 术语 2](#_Toc142656620)

[2.2 符号 3](#_Toc142656621)

[3 原材料 5](#_Toc142656622)

[3.1 再生块体 5](#_Toc142656623)

[3.2 再生砂和混合砂 5](#_Toc142656624)

[3.3 再生粗骨料和其他原材料 8](#_Toc142656625)

[4 再生块体-骨料混凝土性能 10](#_Toc142656626)

[4.1 拌合物性能 10](#_Toc142656627)

[4.2 力学性能 10](#_Toc142656628)

[4.3 长期性能与耐久性能 12](#_Toc142656629)

[5 配合比设计 15](#_Toc142656630)

[5.1 一般规定 15](#_Toc142656631)

[5.2 再生骨料混凝土配制强度确定 16](#_Toc142656632)

[5.3 再生骨料混凝土的配合比计算 17](#_Toc142656633)

[6 施工 21](#_Toc142656634)

[6.1 再生块体和再生骨料混凝土的制备与运输 21](#_Toc142656635)

[6.2 再生块体-骨料混凝土的浇筑和养护 21](#_Toc142656636)

[7 质量检验和验收 24](#_Toc142656637)

[7.1 原材料质量检验 24](#_Toc142656638)

[7.2 再生骨料混凝土拌合物性能检验 25](#_Toc142656639)

[7.3 硬化再生块体-骨料混凝土性能检验 25](#_Toc142656640)

[7.4 再生块体-骨料混凝土工程验收 26](#_Toc142656641)

[附录A 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值 27](#_Toc142656642)

[附录B 自密实再生骨料混凝土的外加剂掺量 30](#_Toc142656643)

[本标准用词说明 33](#_Toc142656644)

[引用标准名录 34](#_Toc142656645)

[附：条文说明 35](#_Toc142656645)

**Contents**

1 General provisions 1

2 Terms and symbols 2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 3

3 Raw materials 5

3.1 Recycled lump 5

3.2 Recycled sand and mixed sand 5

3.3 Recycled coarse aggregate and other raw materials 8

4 Specification for technical properties of recycled lump-aggregate concrete 10

4.1 Mixture properties 10

4.2 Mechanical properties 10

4.3 Long-term properties and durable properties 12

5 Mix Design 15

5.1 General requirements 15

5.2 Determination of design strength of recycled aggregate concrete 16

5.3 Calculation of mix design of recycled aggregate concrete 17

6 Construction 21

6.1 Preparation and transporting of recycled lump and recycled aggregate concrete 21

6.2 Casting and curing of recycled lump-aggregate concrete 21

7 Quality inspection and acceptance 24

7.1 Quality inspection of row materials 24

7.2 Property inspection of recycled aggregate concrete mixture 25

7.3 Property inspection of hardened recycled lump-aggregate concrete 25

7.4 Acceptance of recycled lump-aggregate concrete engineering 26

Appendix A Standard values of cubic compressive strength of recycled aggregate concrete 27

Appendix B Admixture of additives for self-compacting recycled aggregate concrete 30

Explanation of wording 33

List of quoted standards 34

Addition: Explanation of provisions 35

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范再生块体-骨料混凝土在建设工程中的应用，保证工程质量，做到技术先进、安全可靠、经济合理、绿色低碳，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于建设工程中再生块体-骨料混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收。

**1.0.3** 再生块体-骨料混凝土的应用除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1** 特征尺寸 characteristic size

混凝土块体不同方位外接圆柱体的直径的最小值。

**2.1.2** 再生块体 recycled lump

特征尺寸介于60 mm~300 mm之间的旧混凝土块体。

**2.1.3** 天然粗骨料 natural coarse aggregate

经自然风化、水流搬运和分选、堆积而成的，或由天然岩石、卵石或矿山废石经机械破碎、筛分而成的，粒径大于4.75 mm的岩石颗粒。

**2.1.4** 再生粗骨料 recycled coarse aggregate

由建（构）筑物中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成，用于配制混凝土的粒径大于4.75 mm的颗粒。

**2.1.5** 再生砂 recycled sand

由工程渣土经水洗、筛分或经烘干、碾压、筛分等加工而成，用于配制混凝土的粒径小于4.75 mm的颗粒。

**2.1.6** 混合砂 mixed sand

由再生砂和天然砂或再生砂和机制砂按一定比例混合而成的砂。

**2.1.7** 再生砂取代率 replacement ratio of recycled sand

混合砂中再生砂的质量占比。

**2.1.8** 再生骨料混凝土 recycled aggregate concrete

掺用再生粗骨料和（或）再生砂制备而成的混凝土。

**2.1.9** 再生块体-骨料混凝土 recycled lump-aggregate concrete

再生块体与再生骨料混凝土混合浇筑形成的混合物。

**2.1.10** 再生块体替代率 replacement ratio of recycled lump

再生块体-骨料混凝土中，再生块体的质量与再生块体-骨料混凝土总质量之比。

## 2.2 符 号

**2.2.1** 材料性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 自密实再生骨料混凝土的坍落扩展度； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的弹性模量； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的剪切模量； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的电通量； |
|  | — | 再生骨料混凝土的电通量； |
|  | — | 再生块体来源旧混凝土的电通量； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的渗透系数； |
|  | — | 再生骨料混凝土的渗透系数； |
|  | — | 再生块体来源旧混凝土的渗透系数； |
|  | — | 天然粗骨料的饱和面干吸水率； |
|  | — | 天然砂的饱和面干吸水率； |
|  | — | 再生粗骨料的饱和面干吸水率； |
|  | — | 再生砂的饱和面干吸水率； |
|  | — | 水泥的28天抗压强度； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度设计值； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度标准值； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗拉强度设计值； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗拉强度标准值； |
|  | — | 再生骨料混凝土的配制强度； |
|  | — | 再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值； |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值； |
|  | — | 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值； |
|  | — | 再生骨料混凝土的抗压强度标准差。 |

2.2.2 质量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 每立方米混凝土中胶凝材料的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中水泥的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中外加剂用量； |
|  | — | 每立方米混凝土中天然粗骨料的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中再生砂的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中再生粗骨料的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中天然砂的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中矿物掺合料的质量； |
|  | — | 每立方米混凝土中的附加用水量； |
|  | — | 每立方米混凝土的用水量。 |

2.2.3 体积

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 每立方米混凝土中粗骨料的绝对体积； |
|  | — | 每立方米混凝土中所有粗骨料的堆积空隙体积； |
|  | — | 每立方米混凝土中所有粗骨料的堆积体积； |
|  | — | 每立方米混凝土中的净浆体积。 |

2.2.4 密度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 所有胶凝材料的混合表观密度； |
|  | — | 所有粗骨料的混合表观密度； |
|  | — | 所有粗骨料的混合堆积密度； |
|  | — | 水泥的表观密度； |
|  | — | 掺合料的表观密度； |
|  | — | 天然粗骨料的表观密度； |
|  | — | 天然粗骨料的堆积密度； |
|  | — | 天然砂的表观密度； |
|  | — | 天然砂的堆积密度； |
|  | — | 再生粗骨料的表观密度； |
|  | — | 再生粗骨料的堆积密度； |
|  | — | 再生砂的表观密度； |
|  | — | 再生砂的堆积密度； |
|  | — | 拌合水的密度。 |

2.2.5 计算系数及其他

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 外加剂掺量； |
|  | — | 再生骨料混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比； |
|  | — | 再生块体来源旧混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比； |
|  | — | 再生块体-骨料混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比； |
|  | — | 矿物掺合料（粉煤灰）占胶凝材料的质量分数； |
|  | — | 再生块体替代率； |
|  | — | 再生粗骨料取代率； |
|  | — | 再生粗骨料体积取代率； |
|  | — | 再生砂取代率； |
|  | — | 再生砂体积取代率。 |

# 3 原 材 料

## 3.1 再 生 块 体

**3.1.1** 再生块体应由建（构）筑物中的旧混凝土破碎加工而成，其中不应含有泥块、砖瓦、沥青、木头、塑料、玻璃、纸张、树叶、树枝等杂物。

**3.1.2** 再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值，宜按照现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384的规定进行确定。

**3.1.3** 再生块体的最大氯离子含量和最大碱含量，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**3.1.4** 再生块体的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

## 3.2 再生砂和混合砂

**3.2.1** 再生砂和混合砂按细度模数分为粗砂、中砂、细砂和特细砂，其细度模数分别为：

**1** 粗砂：3.7~3.1；

**2** 中砂：3.0~2.3；

**3** 细砂：2.2~1.6；

**4** 特细砂：1.5~0.7。

**3.2.2** 再生砂和混合砂按颗粒级配、含泥量或石粉含量、亚甲蓝（MB）值、泥块含量、有害物质含量、坚固性、压碎指标、片状颗粒含量的技术要求分为I类、II类和III类，检验方法应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

**3.2.3** 除特细砂外，I类砂的累计筛余应符合 表3.2.3-1中2区的规定，分计筛余应符合表3.2.3-2的规定；II类和III类砂的累计筛余应符合表3.2.3-1的规定。砂的实际颗粒级配除4.75 mm和0.60 mm筛挡外，可以超出，但各级累计筛余超出值的总和不应大于5%。

表3.2.3-1 累计筛余

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 砂的分类 | 再生砂、混合砂（再生砂+天然砂） | 混合砂（再生砂+机制砂） |
| 级配区 | 1区 | 2区 | 3区 | 1区 | 2区 | 3区 |
| 方筛孔尺寸/mm | 累计筛余/% |
| 4.75 | 10~0 | 10~0 | 10~0 | 5~0 | 5~0 | 5~0 |
| 2.36 | 35~5 | 25~0 | 15~0 | 35~5 | 25~0 | 15~0 |
| 1.18 | 65~35 | 50~10 | 25~0 | 65~35 | 50~10 | 25~0 |
| 0.60 | 85~71 | 70~41 | 40~16 | 85~71 | 70~41 | 40~16 |
| 0.30 | 95~80 | 92~70 | 85~55 | 95~80 | 92~70 | 85~55 |
| 0.15 | 100~90 | 100~90 | 100~90 | 97~85 | 94~80 | 94~75 |

表3.2.3-2 分计筛余

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方筛孔尺寸/mm | 4.75a | 2.36 | 1.18 | 0.60 | 0.30 | 0.15b | 筛底c |
| 分计筛余/% | 0~10 | 10~15 | 10~25 | 20~31 | 20~30 | 5~15 | 0~20 |
| a 对于混合砂（再生砂+机制砂），4.75mm筛的分计筛余不应大于5%。b 对于MB>1.4的混合砂（再生砂+机制砂），0.15mm筛和筛底的分计筛余之和不应大于25%。c 对于再生砂和混合砂（再生砂+天然砂），筛底的分计筛余不应大于10%。 |

**3.2.4** I类砂的细度模数应为2.3~3.2。

**3.2.5** 再生砂和混合砂（再生砂+天然砂）的含泥量应符合表3.2.5的规定。

表3.2.5 再生砂和混合砂（再生砂+天然砂）的含泥量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 含泥量（质量分数）/% | ≤1.0 | ≤3.0 | ≤5.0 |

**3.2.6** 混合砂（再生砂+机制砂）的石粉含量应符合表3.2.7的规定。

表3.2.6 混合砂（再生砂+机制砂）的石粉含量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 亚甲蓝值(MB) | 石粉含量(质量分数)/% |
| I类 | MB≤0.5 | ≤15.0 |
| 0.5<MB≤1.0 | ≤10.0 |
| 1.0<MB≤1.4或快速试验合格 | ≤5.0 |
| MB>1.4或快速试验不合格 | ≤1.0a |
| II类 | MB≤1.0 | ≤15.0 |
| 1.0<MB≤1.4或快速试验合格 | ≤10.0 |
| MB>1.4或快速试验不合格 | ≤3.0a |
| III类 | MB≤1.4或快速试验合格 | ≤15.0 |
| MB>1.4或快速试验不合格 | ≤5.0a |
| a 根据使用环境和用途，经试验验证，由供需双方协商确定，I类砂的石粉含量可放宽至不大于3.0%，II类砂的石粉含量可放宽至不大于5.0%，III类砂的石粉含量可放宽至不大于7.0%。 |

**3.2.7** 再生砂和混合砂的泥块含量应符合表3.2.7的规定。

表3.2.7 泥块含量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 泥块含量（质量分数）/% | ≤0.2 | ≤1.0 | ≤2.0 |

**3.2.8** 再生砂和混合砂中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物等有害物质，其含量应符合表3.2.8的规定；其他有害物质还应符合我国环保和安全相关标准的规定。

表3.2.8 有害物质含量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 云母（质量分数）/% | ≤1.0 | ≤2.0 |
| 轻物质（质量分数）a /% | ≤1.0 |
| 有机物 | 合格 |
| 硫化物及硫酸盐（按SO3质量计）/% | ≤0.5 |
| 氯化物（以氯离子质量计）/% | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.06 |
| a 再生砂和混合砂（再生砂+天然砂）中如含有浮石、火山渣等天然轻骨料时，经试验验证后，该指标可不做要求。 |

**3.2.9** 采用硫酸钠溶液法检测坚固性指标时，再生砂和混合砂的质量损失率应符合表3.2.9的规定。

表3.2.9 坚固性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 质量损失率/% | ≤8 | ≤10 |

**3.2.10** 混合砂（再生砂+机制砂）的压碎指标应满足表3.2.10的规定。

表3.2.10 混合砂（再生砂+机制砂）的压碎指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 单级最大压碎指标/% | ≤20 | ≤25 | ≤30 |

**3.2.11** I类混合砂（再生砂+机制砂）的片状颗粒含量不应大于10%。

**3.2.12** 除特细砂外，再生砂和混合砂的表观密度、松散堆积密度和空隙率应符合下列规定：

**1** 表观密度不小于2500 kg/m3；

**2** 松散堆积密度不小于1400 kg/m3，空隙率不大于44%。

**3.2.13** 再生砂和混合砂的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

**3.2.14** 当需方对碱骨料反应提出要求时，应出示再生砂和混合砂的膨胀率实测值及碱活性评定结果。

**3.2.15** 当需方对含水率和饱和面干吸水率提出要求时，应出示再生砂和混合砂的含水率和饱和面干吸水率实测值。

## 3.3 再生粗骨料和其他原材料

**3.3.1** 再生骨料混凝土用再生粗骨料应符合现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177和现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240的规定。

**3.3.2** 再生骨料混凝土用天然粗骨料、天然砂和机制砂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的规定。

**3.3.3** 再生骨料混凝土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；不同水泥不应混合使用。

**3.3.4** 再生骨料混凝土拌合用水和再生块体-骨料混凝土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。

**3.3.5** 再生骨料混凝土用矿物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、《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和现行行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048的规定。

**3.3.6** 再生骨料混凝土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程》GB 50119的规定。

# 4 再生块体-骨料混凝土性能

## 4.1 拌合物性能

**4.1.1** 再生骨料混凝土拌合物应具有良好的和易性，不应出现离析或泌水。

**4.1.2** 再生骨料混凝土拌合物的坍落度不宜小于160 mm，坍落扩展度不宜小于450 mm，坍落度经时损失不宜大于25 mm/h。再生骨料混凝土拌合物性能的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的规定，坍落度经时损失的试验方法应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**4.1.3** 再生块体-骨料混凝土采用自密实再生骨料混凝土时，再生骨料混凝土拌合物的坍落扩展度不宜小于700 mm，其他性能应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的规定。

**4.1.4** 再生骨料混凝土有泵送需求时，其可泵性应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10的规定。

## 4.2 力 学 性 能

**4.2.1** 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值应按下列公式计算：

**1** 当再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土的立方抗压强度推定值之差小于15 MPa时，应按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.2.1-1） |

**2** 当再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值之差大于或等于15 MPa时，应按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.2.1-2） |
|  | （4.2.1-3） |
| 式中： |  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生块体替代率（%）； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比，立方体抗压强度标准值50 MPa及以下的再生骨料混凝土取0.87，立方体抗压强度标准值70 MPa的再生骨料混凝土取0.94，二者之间按线性插值取用；配制立方体抗压强度标准值大于50 MPa且不超过70 MPa的再生骨料混凝土宜采用I类再生粗骨料； |
|  |  | — | 再生块体来源旧混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比，取为0.87； |
|  |  | — | 再生块体-骨料混凝土的300 mm立方体抗压强度与150 mm立方体抗压强度之比。 |

**4.2.2** 再生块体-骨料混凝土组合立方体抗压强度试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定，所采用的立方体尺寸以及不同尺寸立方体的抗压强度与边长150 mm立方体的抗压强度之间的换算系数，应按表4.2.2取用。

表4.2.2 再生块体-骨料混凝土的立方体抗压强度换算系数

|  |  |
| --- | --- |
| 立方体尺寸 (mm) | 强度换算系数 |
| 150×150×150 | 1.00 |
| 300×300×300 | 0.87 |
| 400×400×400 | 0.83 |
| 500×500×500 | 0.77 |
|  600×600×600 | 0.71 |

**4.2.3** 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度标准值和组合轴心抗拉强度标准值，应按表4.2.3取用。

表4.2.3 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压、抗拉强度标准值 (N/mm2)

|  |  |
| --- | --- |
| 强度类别 | 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值 |
| 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|  | 12.1 | 15.0 | 18.1 | 21.1 | 24.1 | 26.5 | 28.7 |
|  | 1.39 | 1.60 | 1.81 | 1.98 | 2.15 | 2.26 | 2.38 |

**4.2.4** 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度设计值和组合轴心抗拉强度设计值，应按表4.2.4取用。

表4.2.4 再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压、抗拉强度设计值 (N/mm2)

|  |  |
| --- | --- |
| 强度类别 | 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值 |
| 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|  | 8.6 | 10.7 | 12.9 | 15.1 | 17.2 | 19.0 | 20.5 |
|  | 1.00 | 1.14 | 1.29 | 1.41 | 1.54 | 1.61 | 1.70 |

**4.2.5** 再生块体-骨料混凝土的弹性模量宜按表4.2.5取用，当有可靠试验依据时也可采用实测数据。再生块体-骨料混凝土的剪切模量，可按弹性模量值的0.4倍采用。

表4.2.5 再生块体-骨料混凝土的弹性模量 (N/mm2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|  | 1.87 | 2.04 | 2.18 | 2.28 | 2.37 | 2.41 | 2.48 |

## 4.3 长期性能与耐久性能

**4.3.1** 再生块体-骨料混凝土的收缩率和徐变系数应符合设计要求。再生块体-骨料混凝土的收缩率可取所采用的再生骨料混凝土的收缩率作为代表值；再生块体-骨料混凝土的徐变系数的试验和计算可按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082进行。

**4.3.2** 再生块体-骨料混凝土的抗冻性能和抗碳化性能应符合设计要求。再生块体-骨料混凝土的抗冻设计标号宜取为所采用的再生骨料混凝土的抗冻设计标号；再生块体-骨料混凝土的碳化深度宜取所使用的再生骨料混凝土的碳化深度作为代表值。

**4.3.3** 再生块体-骨料混凝土的抗渗性能应符合设计要求，再生块体-骨料混凝土的抗渗等级应符合以下规定：

**1** 再生块体-骨料混凝土的渗透系数*S*k，com可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.3.3） |
| 式中： |  | — | 再生块体-骨料混凝土的渗透系数（cm/s）； |
|  |  | — | 再生块体来源旧混凝土的渗透系数，其试验和计算应符合《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420的规定（cm/s）； |
|   |  | — | 再生骨料混凝土的渗透系数，其试验和计算应符合《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420的规定（cm/s）； |
|  |  | — | 再生块体替代率（%）。 |

**2** 再生块体-骨料混凝土的抗渗等级可根据渗透系数*S*k，com按表4.3.3取用：

表4.3.3 再生块体-骨料混凝土的抗渗等级

|  |  |
| --- | --- |
| 抗渗等级 | 渗透系数*S*k，com （×10-9cm/s） |
| P4 | 3.10＜*S*k，com≤5.78 |
| P6 | 1.93＜*S*k，com≤3.10 |
| P8 | 1.31＜*S*k，com≤1.93 |
| P10 | 0.95＜*S*k，com≤1.31 |
| P12 | *S*k，com≤0.95 |

**4.3.4** 再生块体-骨料混凝土的抗氯离子渗透性能应符合设计要求，再生块体-骨料混凝土的电通量可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|   | （4.3.4） |
| 式中： |  | — | 再生块体-骨料混凝土的电通量（C）； |
|  |  | — | 再生块体来源旧混凝土的电通量，其试验及计算方法应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定（C）； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的电通量，其试验及计算方法应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定（C）； |
|  |  | — | 再生块体替代率（%）。 |

**4.3.5** 再生骨料混凝土的长期性能和耐久性能的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定。

**4.3.6** 再生块体-骨料混凝土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的规定。

# 5 配合比设计

## 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 再生块体-骨料混凝土配合比设计应满足拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的设计要求，并应采用工程实际应用的原材料。

**5.1.2** 再生块体-骨料混凝土中再生块体替代率，宜取为25%~35%且不应超过40%。

**5.1.3** 再生骨料混凝土的砂率不宜小于45%，粗骨料最大粒径不宜大于20 mm；自密实再生骨料混凝土的粗骨料最大粒径不宜大于10 mm。

**5.1.4** 对有抗渗、抗冻、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗化学侵蚀等耐久性要求的再生块体-骨料混凝土，其所采用的再生骨料混凝土的配合比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和《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**5.1.5** 再生骨料混凝土的最大水胶比应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定，最小胶凝材料用量应符合表5.1.5的规定。

表5.1.5 最小胶凝材料用量

|  |  |
| --- | --- |
| 水胶比 | 最小胶凝材料用量（kg/m3） |
| 素混凝土 | 钢筋混凝土或型钢混凝土 |
| 0.6 | 250 | 280 |
| 0.55 | 280 | 300 |
| 0.50 | 320 |
| ≤0.45 | 330 |

**5.1.6** 再生骨料混凝土中矿物掺合料的掺量和外加剂的掺量应经混凝土试配确定，并应满足再生块体-骨料混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能的设计要求以及再生骨料混凝土拌合物性能要求。

**5.1.7** 再生块体-骨料混凝土所采用的再生骨料混凝土为自密实再生骨料混凝土时，水胶比宜小于0.42，胶凝材料用量不宜少于450 kg/m3。

## 5.2 再生骨料混凝土配制强度确定

**5.2.1** 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值应按以下规定确定：

**1** 当再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值之差小于15 MPa时，可按下式计算：

 （5.2.1）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值，这里取设计的再生块体-骨料混凝土组合立方体抗压强度标准值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生块体替代率（%）。 |

**2** 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值之差大于或等于15 MPa时，可按附录A查询得到。

**5.2.2** 再生骨料混凝土的配制强度应符合下列规定：

**1** 当再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值小于或等于60 MPa时，其配制强度应符合下式规定：

 （5.2.2-1）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 再生骨料混凝土的配制强度（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值（N/mm2）； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的抗压强度标准差（N/mm2）。 |

**2** 当再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值大于60 MPa时，其配制强度应符合下式规定：

 （5.2.2-2）

**5.2.3** 再生骨料混凝土的抗压强度标准差的取值应符合下列规定：

**1** 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，可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定取值。

**2** 当II类、III类再生粗骨料取代率不小于30%时，值应根据相同再生粗骨料掺量和立方体抗压强度标准值相差不大于2.5 MPa的同品种再生骨料混凝土统计资料计算确定。计算时，强度试件组数不应小于30组。对于立方体抗压强度标准值不大于20 MPa的再生骨料混凝土，应取计算值和3.0 MPa中的较大值；对于立方体抗压强度标准值大于20 MPa且不大于40 MPa的再生骨料混凝土，应取计算值和4.0 MPa中的较大值。

当无统计资料时，值可按表5.2.3取用。

表5.2.3 再生骨料混凝土抗压强度标准差的推荐值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 立方体抗压强度标准值 | ＜25 MPa | ≥25 MPa且＜35 MPa | ≥35MPa且＜45 MPa |
| MPa | 4.0 | 5.0 | 6.0 |

## 5.3 再生骨料混凝土的配合比计算

**5.3.1** 再生骨料混凝土的配合比计算应符合现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 的有关规定。

**5.3.2** 自密实再生骨料混凝土的配合比计算宜采用绝对体积法且按下列步骤进行：

**1** 每立方米混凝土中粗骨料的绝对体积（）可按下式计算：

 （5.3.2-1）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中粗骨料的绝对体积（m3）。 |
|  |  | — | 自密实再生骨料混凝土的坍落扩展度（mm）。 |

**2** 每立方米混凝土中再生粗骨料的质量（）和天然粗骨料的质量（）可分别按下列公式计算：

 （5.3.2-2）

 （5.3.2-3）

 （5.3.2-4）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中再生粗骨料的质量（kg）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中天然粗骨料的质量（kg）； |
|  |  | — | 再生粗骨料体积取代率； |
|  |  | — | 再生粗骨料取代率； |
|  |  | — | 再生粗骨料的表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 天然粗骨料的表观密度（kg/m3）。 |

**3** 每立方米混凝土中再生砂的质量（）和天然砂的质量（）可分别按下列公式计算：

 （5.3.2-5） （5.3.2-6）

 （5.3.2-7）

 （5.3.2-8）

 （5.3.2-9）

 （5.3.2-10）

 （5.3.2-11）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中再生砂的质量（kg）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中天然砂的质量（kg）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中所有粗骨料的堆积空隙体积（m3）； |
|  |  | — | 再生砂体积替代率； |
|  |  | — | 再生砂替代率； |
|  |  | — | 再生砂的堆积密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 再生砂的表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 天然砂的堆积密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 天然砂的表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中所有粗骨料的堆积体积（m3）； |
|  |  | — | 所有粗骨料的混合表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 所有粗骨料的混合堆积密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 再生粗骨料的堆积密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 天然粗骨料的堆积密度（kg/m3）。 |

1. 水胶比（）按以下方法确定：

1）根据工程实际采用的原材料，通过建立的水胶比与自密实再生骨料混凝土抗压强度之间的关系式来计算得到水胶比。

2）当不具备上述关系式且矿物掺合料仅采用粉煤灰时，可按下式计算水胶比：

 （5.3.2-12）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 水泥的28天抗压强度（MPa）；当水泥28天抗压强度未能进行实测时，可采用水泥强度等级对应值乘以1.1得到的数值作为水泥强度值代入； |
|  |  | — | 再生骨料混凝土的配制强度（N/mm2）； |
|  |  | — | 矿物掺合料（粉煤灰）占胶凝材料的质量分数。 |

**5** 每立方米混凝土中胶凝材料的质量（）可按下列公式计算：

 （5.3.2-13）

 （5.3.2-14）

 （5.3.2-15）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中胶凝材料的质量（kg）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中的净浆体积（m3）； |
|  |  | — | 所有胶凝材料的混合表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 拌合水的密度，取1000 kg/m3； |
|  |  | — | 掺合料的表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 水泥的表观密度（kg/m3）。 |

**6** 每立方米混凝土中水泥的质量（）和矿物掺合料的质量（）可分别按下列公式计算：

 （5.3.2-16）

 （5.3.2-17）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中水泥的质量（kg）； |
|  |  | — | 每立方米混凝土中矿物掺合料的质量（kg）； |

**7** 每立方米混凝土的用水量（）可按下列公式计算：

  （5.3.2-18）

 （5.3.2-19）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土的用水量（kg）； |
|  |  | — | 为弥补拌合过程中骨料吸水，每立方米混凝土中的附加用水量（kg）； |
|  |  | — | 天然粗骨料的饱和面干吸水率； |
|  |  | — | 再生粗骨料的饱和面干吸水率； |
|  |  | — | 再生砂的饱和面干吸水率； |
|  |  | — | 天然砂的饱和面干吸水率。 |

**8** 根据试验，选择外加剂的品种和用量，外加剂用量（）可按下式计算：

 （5.3.2-20）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 每立方米混凝土中外加剂用量（kg）； |
|  |  | — | 外加剂掺量，以占胶凝材料总量的质量百分数表示，应由试验确定，也可参照附录B的方法进行确定。 |

**5.3.3** 再生骨料混凝土的配合比计算应以干燥状态骨料为基准，生产时应根据骨料实际的含水情况，对配合比计算中的用水量予以调整。

**5.3.4** 再生骨料混凝土试配及配合比的调整和确定应符合现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240的有关规定；自密实再生骨料混凝土试配及配合比的调整和确定应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的有关规定。

# 6 施 工

## 6.1 再生块体和再生骨料混凝土的制备与运输

**6.1.1** 制备再生块体前，应测定其来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值、氯离子含量和放射性。

**6.1.2** 再生块体应根据其特征尺寸和来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值分批制备、分批堆放、分批运输；每批再生块体的特征尺寸相差不宜大于50 mm，来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值相差不宜大于5 MPa。

**6.1.3** 再生骨料混凝土的制备和运输应符合现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240的有关规定。

**6.1.4** 原材料计量宜采用电子计量仪器，计量仪器在使用前应进行检查。每盘原材料计量的允许偏差应符合表6.1.4的规定。

表6.1.4 每盘原材料计量的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 原材料种类 | 计量允许偏差（按质量计） | 原材料种类 | 计量允许偏差（按质量计） |
| 再生块体 | ±5% | 再生粗骨料、再生砂、混合砂 | ±3% |
| 水泥和矿物掺合料 | ±2% | 天然粗、细骨料 | ±3% |
| 外加剂 | ±1% | 拌合用水 | ±1% |

**6.1.5** 再生块体的运输宜采用封闭式自卸货车；采用非封闭式的自卸货车运输时，再生块体的堆积高度不应超过车箱栏板高度并应采用有效的上覆措施防止再生块体在运输中滚落。

## 6.2 再生块体-骨料混凝土的浇筑和养护

**6.2.1** 再生块体进场后，应根据再生块体的特征尺寸和来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值分批堆放，分批应符合本标准6.1.2的要求；取用时，特征尺寸应以每批的最大值为代表值，来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值以每批的最小值为代表值。

**6.2.2** 再生骨料混凝土与再生块体混合浇筑之前，再生块体表面应充分浇水湿润，浇筑前再生块体表面及模板上不应留有积水。

**6.2.3** 再生骨料混凝土自由倾落高度不宜大于3.0 m，当倾落高度超过规定时，宜采用串筒、溜槽、溜管等辅助装置进行浇筑。

**6.2.4** 竖直方向尺寸不超过500 mm的构件的再生块体-骨料混凝土浇筑，施工顺序宜符合下列规定：

**1** 先将全部再生块体均匀分散投放在底模和侧模所围空腔内部；

**2** 持续浇灌再生骨料混凝土，并采用插入式振捣棒对再生块体和再生骨料混凝土的混合物进行充分振捣；

**3** 振捣时相邻点之间的水平距离不宜超过500 mm，振捣棒宜插至底模上表面，并向四周撬动。

**6.2.5** 竖直方向尺寸超过500 mm的构件的再生块体-骨料混凝土浇筑，施工顺序宜符合下列规定：

**1** 先浇灌一层厚度约100 mm的再生骨料混凝土；

**2** 投放一层再生块体，块体应在水平方向均匀分布，其堆积高度不宜超过400 mm；

**3** 再浇灌一层再生骨料混凝土，浇灌高度不宜超过500 mm；

**4** 采用插入式振捣棒对再生块体和再生骨料混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时相邻插点之间的水平距离不宜超过300 mm，振捣棒应插至前一层再生块体的底面以下；

**5** 反复交替进行再生块体的投放和再生骨料混凝土的浇灌并不断振捣，每层再生块体的投放必须在前一层再生骨料混凝土初凝之前完成。

**6.2.6** 当采用自密实再生骨料混凝土时，对于竖直方向尺寸不超过800 mm的构件的再生块体-骨料混凝土浇筑，施工顺序宜符合下列规定：

**1** 将全部再生块体均匀分散地投放在底模和侧模所围空腔内部；

**2** 在再生块体堆积体的上表面均匀分散地进行自密实再生骨料混凝土的浇灌，直至自密实再生骨料混凝土与侧模上边沿基本平齐；

**3** 在自密实再生骨料混凝土表面均匀分散地拖动振捣棒，直至自密实再生骨料混凝土不再下沉。

**6.2.7** 当采用自密实再生骨料混凝土时，对于竖直方向尺寸超过800 mm的构件的再生块体-骨料混凝土浇筑，施工顺序宜符合下列规定：

**1**  先在底模和侧模所围空腔内部浇灌一层厚度约100 mm的自密实再生骨料混凝土；

**2** 在上述空腔内部均匀分散地投放一层堆积高度不超过800 mm再生块体；

**3** 在再生块体堆积体的上表面均匀分散地进行自密实再生骨料混凝土的浇灌，直至自密实再生骨料混凝土完全覆盖再生块体堆积体；

**4** 反复交替进行再生块体的投放和自密实再生骨料混凝土的浇灌，直至自密实再生骨料混凝土与侧模上边沿基本平齐；后一层再生块体的投放应在前一层自密实再生骨料混凝土初凝之前完成；

**5** 在自密实再生骨料混凝土表面均匀分散地拖动振捣棒，直至自密实再生骨料混凝土不再下沉。

**6.2.8** 再生块体-骨料混凝土的养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

# 7 质量检验和验收

## 7.1 原材料质量检验

**7.1.1** 再生块体-骨料混凝土原材料进场时，供方应按规定批次向需方提供质量证明文件，质量证明文件应包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等；再生块体应提供特征尺寸，来源旧混凝土立方体抗压强度推定值，氯离子含量及放射性比活度等指标的检验报告；再生砂和混合砂应提供包含颗粒级配、含泥量或石粉含量、亚甲蓝（MB）值、泥块含量、有害物质含量、坚固性、压碎指标、片状颗粒含量等指标的检验报告。

**7.1.2** 再生块体-骨料混凝土原材料进场后，应进行进场检验；在生产、施工过程中，还应对再生块体-骨料混凝土原材料进行抽检。

**7.1.3** 再生块体-骨料混凝土原材料进场检验和生产、施工中抽检的项目应符合下列规定：

**1** 再生块体的检验项目应包括特征尺寸和含杂物情况。

**2** 再生砂和混合砂的检验项目应包括颗粒级配、含泥量或石粉含量、泥块含量、压碎指标。

**3** 其他原材料的检验项目应按国家现行有关标准执行。

**7.1.4** 再生块体-骨料混凝土原材料进场检验以及生产、施工过程中抽检的检验规则应符合下列规定：

**1** 再生块体应按每200 t 为一个检验批；再生砂和混合砂应按每400 m3或每600 t为一个检验批。

**2** 散装水泥应按每500 t为一个检验批，袋装水泥应按每200 t为一个检验批；矿物掺合料应按每200 t为一个检验批；天然粗骨料、再生粗骨料、天然砂和机制砂应按每400 m3或每600 t为一个检验批；外加剂应按每50 t为一个检验批。

**3** 不同批次或非连续供应的再生块体-骨料混凝土原材料，在不足一个检验批量情况下，应按同品种和同规格（或等级）材料每批次检验一次。

## 7.2 再生骨料混凝土拌合物性能检验

**7.2.1** 在生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对再生骨料混凝土拌合物进行抽样检验。

**7.2.2** 再生骨料混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

**1** 再生骨料混凝土坍落度、坍落扩展度和坍落度经时损失取样检验频率应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定。

**2** 同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂的混凝土的凝结时间应至少检验1次。

**3** 同一工程、同一配合比的再生骨料混凝土的氯离子含量至少检验1次。

**7.2.3** 再生骨料混凝土拌合物性能应符合本标准第4.1节的规定。

## 7.3 硬化再生块体-骨料混凝土性能检验

**7.3.1** 施工现场应制备再生块体-骨料混凝土立方体试件，并应与再生块体-骨料混凝土构件同条件养护。试件的组合立方体抗压强度，应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的相关规定分批检验评定，其试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定。再生块体-骨料混凝土立方体试件的制备应符合下列规定：

**1** 针对同一配合比的再生骨料混凝土和相同批次的再生块体，当再生块体替代率保持不变时，每浇筑不超过100 m3的再生块体-骨料混凝土，应制备不少于2组试件。

**2** 当再生骨料混凝土的配比、再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值、再生块体替代率任意一项发生改变时，应针对改变后的再生块体-骨料混凝土制备不少于2组试件。

**3** 试件边长应大于再生块体特征尺寸的2倍。

**4** 将预先浇水湿润后的再生块体均匀分散地投放在试块底模和侧模所围空腔内部，然后浇灌再生骨料混凝土，采用插入式振捣棒对再生块体和再生骨料混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时振捣棒应插至底模的上表面，并向四周撬动；当采用自密实再生骨料混凝土时，将预先浇水湿润后的再生块体均匀分散地投放在试块底模和侧模所围空腔内部，然后浇灌自密实再生骨料混凝土，并在模板外侧进行辅助敲击。

**7.3.2** 检验评定再生块体-骨料混凝土组合立方体抗压强度所采用的立方体尺寸以及不同尺寸立方体的抗压强度与边长150 mm立方体的抗压强度之间的换算系数，应按表4.2.2取用。

**7.3.3** 当同条件养护的再生块体-骨料混凝土立方体试件的组合抗压强度被评定为不合格时，应按国家现行相关标准的规定，委托检测机构对相应的再生块体-骨料混凝土构件进行检测鉴定。

**7.3.4** 再生块体-骨料混凝土耐久性能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的有关规定。

**7.3.5** 再生块体-骨料混凝土长期性能检验规则可按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193中耐久性检验的有关规定执行。

## 7.4 再生块体-骨料混凝土工程验收

**7.4.1** 再生块体-骨料混凝土工程验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

# 附录A 再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值

单位：MPa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 再生块体替代率（%） | 再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值（MPa） | 再生块体-骨料混凝土组合立方体抗压强度标准值（MPa） |
| 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 5% | 20 | - | - | - | 36.7  | 42.4  | 48.0  | 53.8  |
| 25 | - | - | - | - | 41.7  | 47.3  | 53.0  |
| 30 | - | - | - | - | - | 46.6  | 52.3  |
| 35 | 18.8  | - | - | - | - | - | 51.6  |
| 40 | 18.4  | 23.7  | - | - | - | - | - |
| 45 | 18.1  | 23.4  | 28.7  | - | - | - | - |
| 50 | 17.8  | 23.0  | 28.3  | 33.7  | - | - | - |
| 10% | 20 | - | - | - | 38.6  | 45.1  | 51.6  | 58.2  |
| 25 | - | - | - | - | 43.5  | 49.9  | 56.4  |
| 30 | - | - | - | - | - | 48.4  | 54.8  |
| 35 | 17.5  | - | - | - | - | - | 53.4  |
| 40 | 16.9  | 22.5  | - | - | - | - | - |
| 45 | 16.3  | 21.8  | 27.4  | - | - | - | - |
| 50 | 15.7  | 21.1  | 26.7  | 32.4  | - | - | - |
| 15% | 20 | - | - | - | 40.8  | 48.1  | 55.7  | 63.4  |
| 25 | - | - | - | - | 45.6  | 52.8  | 60.3  |
| 30 | - | - | - | - | - | 50.5  | 57.7  |
| 35 | 16.4  | - | - | - | - | - | 55.4  |
| 40 | 15.5  | 21.3  | - | - | - | - | - |
| 45 | 14.7  | 20.3  | 26.1  | - | - | - | - |
| 50 | 13.9  | 19.4  | 25.1  | 31.1  | - | - | - |
| 20% | 20 | - | - | - | 43.2  | 51.6  | 60.4  | 69.5  |
| 25 | - | - | - | - | 47.8  | 56.2  | 64.8  |
| 30 | - | - | - | - | - | 52.7  | 60.9  |
| 35 | 15.4  | - | - | - | - | - | 57.6  |
| 40 | 14.3  | 20.1  | - | - | - | - | - |
| 45 | 13.3  | 18.9  | 25.0  | - | - | - | - |
| 50 | 12.4  | 17.8  | 23.7  | 29.8  | - | - | - |
| 25% | 20 | - | - | - | 45.8  | 55.5  | 65.8  | -  |
| 25 | - | - | - | - | 50.2  | 59.8  | 69.7  |
| 30 | - | - | - | - | - | 55.0  | 64.3  |
| 35 | 14.5  | - | - | - | - | - | 59.9  |
| 40 | 13.3  | 19.2  | - | - | - | - | - |
| 45 | 12.2  | 17.8  | 23.9  | - | - | - | - |
| 50 | 11.3  | 16.6  | 22.4  | 28.7  | - | - | - |
| 30% | 20 | - | - | - | 48.4  | 59.6  | - | - |
| 25 | - | - | - | - | 52.7  | 63.5  | -  |
| 30 | - | - | - | - | - | 57.3  | 67.8  |
| 35 | 13.8  | - | - | - | - | - | 62.1  |
| 40 | 12.5  | 18.4  | - | - | - | - | - |
| 45 | 11.5  | 16.9  | 23.1  | - | - | - | - |
| 50 | 10.5  | 15.6  | 21.4  | 27.8  | - | - | - |
| 35% | 20 | - | - | - | 50.9  | 63.5  | - | - |
| 25 | - | - | - | - | 55.0  | 67.0  | - |
| 30 | - | - | - | - | - | 59.4  | - |
| 35 | 13.3  | - | - | - | - | - | 64.0  |
| 40 | 12.0  | 17.8  | - | - | - | - | - |
| 45 | 10.9  | 16.3  | 22.4  | - | - | - | - |
| 50 | 10.0  | 15.0  | 20.7  | 27.1  | - | - | - |
| 40% | 20 | - | - | - | 53.0  | 66.8  | - | - |
| 25 | - | - | - | - | 56.8  | 69.7  | - |
| 30 | - | - | - | - | - | 61.0  | - |
| 35 | 13.0  | - | - | - | - | - | 65.4  |
| 40 | 11.7  | 17.4  | - | - | - | - | - |
| 45 | 10.6  | 15.9  | 22.0  | - | - | - | - |
| 50 | 9.7  | 14.6  | 20.2  | 26.6  | - | - | - |

# 附录B 自密实再生骨料混凝土的外加剂掺量

**B.0.1** 根据净浆流变理论和净浆流动度试验确定外加剂的掺量。采用净浆的屈服应力小于屈服应力限值且净浆的塑性粘度大于塑性粘度限值确定外加剂掺量。净浆的屈服应力和塑性粘度根据净浆流动度试验，按下列公式计算：

 （B.0.1-1）

 （B.0.1-2）

 （B.0.1-3）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 净浆的屈服应力（Pa） |
|  |  | — | 净浆的塑性粘度（Pa⋅s） |
|  |  | — | 净浆的密度（kg/m3）； |
|  | g | — | 重力加速度（N/kg）； |
|  |  | — | 净浆的流动度（m）； |
|  |  | — | 0.2 m的净浆流动度所对应的流动时间（s）； |
|  |  | — | 有效水的质量与净浆的质量之比。 |

**B.0.2** 净浆的屈服应力限值和塑性粘度限值按下列公式计算：

（B.0.2-1）

（B.0.2-2）

 （B.0.2-3）

 （B.0.2-4）

 （B.0.2-5）

 （B.0.2-6）

 （B.0.2-7）

 （B.0.2-8）

 （B.0.2-9）

 （B.0.2-10）

 （B.0.2-11）

 （B.0.2-12）

 （B.0.2-13）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 净浆的屈服应力限值（Pa）； |
|  |  | — | 净浆的塑性粘度限值（Pa⋅s）； |
|  |  | — | 包裹所有粗骨料表面的砂浆膜厚度（m）； |
|  |  | — | 包裹天然粗骨料表面的砂浆膜厚度（m）； |
|  |  | — | 包裹再生粗骨料表面的砂浆膜厚度（m）； |
|  |  | — | 所有粗骨料的平均半径（m）； |
|  |  | — | 天然粗骨料的平均半径（m）； |
|  |  | — | 再生粗骨料的平均半径（m）； |
|  |  | — | 混合砂的比表面积（1/mm）； |
|  |  | — | 天然砂的比表面积（1/mm）； |
|  |  | — | 再生砂的比表面积（1/mm）； |
|  |  | — | 砂浆的密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 混合砂的表观密度（kg/m3）； |
|  |  | — | 混合砂的质量与砂浆的质量之比； |
|  |  | — | 混合砂的砂率； |
|  |  | — | 最大砂率，取0.77； |
|  |  | — | 经验系数，取4.2； |
|  |  | — | 特征粘度，取2.5； |
|  |  | — | 天然粗骨料第*i*级筛挡上的分计筛余（%），其中常数*i*取1~8，分别对应37.5 mm、31.5 mm、26.5 mm、19.0 mm、16.0 mm、9.50 mm、4.75 mm、2.36 mm级筛挡； |
|  |  | — | 天然粗骨料第*i*级筛挡的筛分粒径代表值（mm），取*i*级筛挡筛孔尺寸与*i*-1级筛挡筛孔尺寸乘积的平方根，取37.5； |
|  |  | — | 再生粗骨料第*i*级筛挡上的分计筛余（%）； |
|  |  | — | 再生粗骨料第*i*级筛挡的筛分粒径代表值（mm），取*i*级筛挡筛孔尺寸与*i*-1级筛挡筛孔尺寸乘积的平方根，取37.5； |
|  |  | — | 天然砂第*j*级筛挡上的分计筛余（%），其中常数*j*取1~6，分别对应4.75 mm、2.36 mm、1.18 mm、0.6 mm、0.30 mm、0.15 mm级筛挡； |
|  |  | — | 天然砂第*j*级筛挡的筛分粒径代表值（mm），取*j*级筛挡筛孔尺寸与*j*-1级筛挡筛孔尺寸乘积的平方根，取4.75； |
|  |  | — | 再生砂第*j*级筛挡上的分计筛余（%）； |
|  |  | — | 再生第*j*级筛挡的筛分粒径代表值（mm），取*j*级筛挡筛孔尺寸与*j*-1级筛挡筛孔尺寸乘积的平方根，取4.75。 |

# 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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

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. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
5. 《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119
6. 《混凝土质量控制标准》GB 50164
7. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
8. 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
9. 《建设用砂》GB/T 14684
10. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
11. 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
12. 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
13. 《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177
14. 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
15. 《普通混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
16. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
17. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
18. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
19. 《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048
20. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
21. 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
22. 《混凝土用水标准》JGJ 63
23. 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10
24. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
25. 《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240
26. 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
27. 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384
28. 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG E30

中国工程建设标准化协会标准

再生块体与骨料混凝土应用技术标准

T/CECS XXX-XXXX

# 条 文 说 明

制 定 说 明

本标准制定过程中，编制组进行了广泛调查研究，总结了我国建筑固废资源化利用的实践经验，同时参考《建设用砂》GB/T 14684、《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177、《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468等技术标准，通过试验研究和工程实践取得了关键技术指标。

本标准遵循适用性、先进性、统一性和协调性的编制原则。编制组基于再生块体-骨料混凝土在力学性能、耐久性能、长期性能等方面的研究成果以及多项试点工程中积累的经验，从原材料、再生块体-骨料混凝土性能、配合比设计、施工、质量检验和验收等方面给出了关键技术指标，可为再生块体-骨料混凝土在建设工程中的应用提供技术支撑。

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款规定，《再生块体与骨料混凝土应用技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条款规定的目的、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 次**

[1 总则 39](#_Toc141362827)

[2 术语和符号 40](#_Toc141362828)

[2.1 术语 40](#_Toc141362829)

[3 原材料 42](#_Toc141362830)

[3.1 再生块体 42](#_Toc141362831)

[3.2 再生砂和混合砂 42](#_Toc141362832)

[3.3 再生粗骨料和其他原材料 43](#_Toc141362833)

[4 再生块体-骨料混凝土性能 44](#_Toc141362834)

[4.1 拌合物性能 44](#_Toc141362835)

[4.2 力学性能 44](#_Toc141362836)

[4.3 长期性能与耐久性能 45](#_Toc141362837)

[5 配合比设计 47](#_Toc141362838)

[5.1 一般规定 47](#_Toc141362839)

[5.2 再生骨料混凝土配制强度确定 48](#_Toc141362840)

[5.3 再生骨料混凝土的配合比计算 49](#_Toc141362841)

[6 施工 51](#_Toc141362842)

[6.1 再生块体和再生骨料混凝土的制备与运输 51](#_Toc141362843)

[6.2 再生块体-骨料混凝土的浇筑和养护 51](#_Toc141362844)

[7 质量检验和验收 53](#_Toc141362845)

[7.1 原材料质量检验 53](#_Toc141362846)

[7.2 再生骨料混凝土拌合物性能检验 53](#_Toc141362847)

[7.3 硬化再生块体-骨料混凝土性能检验 53](#_Toc141362848)

[7.4 再生块体-骨料混凝土工程验收 54](#_Toc141362849)

**Contents**

1 General provisions 39

2 Terms and symbols 40

2.1 Terms 40

2.2 Symbols 42

3 Raw materials 42

3.1 Recycled lump 42

3.2 Recycled sand and mixed sand 42

3.3 Recycled coarse aggregate and other raw materials 43

4 Specification for technical properties of recycled lump-aggregate cocnrete 44

4.1 Mixture properties 44

4.2 Mechanical properties 44

4.3 Long-term properties and durable properties 45

5 Mix Design 47

5.1 General requirements 47

5.2 Determination of design strength of recycled aggregate concrete 48

5.3 Calculation of mix design of recycled aggregate concrete 49

6 Construction 51

6.1 Preparation and transporting of recycled lump and recycled aggregate concrete 51

6.2 Casting and curing of recycled lump-aggregate concrete 51

7 Quality inspection and acceptance 53

7.1 Quality inspection of row materials 53

7.2 Property inspection of recycled aggregate concrete mixture 53

7.3 Property inspection of hardened recycled lump-aggregate concrete 53

7.4 Acceptance of recycled lump-aggregate concrete engineering 54

# 1 总 则

**1.0.1** 再生块体-骨料混凝土是同时采用再生块体、再生粗骨料和再生砂制备而成的混凝土。其中，再生块体（60 mm~300 mm）由旧混凝土经粗破、筛分而成；再生粗骨料（≥4.75 mm）由建（构）筑物中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成；再生砂由工程渣土经水洗、筛分或经烘干、碾压、筛分等加工而成。相比于传统的再生骨料混凝土（即采用再生粗、细骨料部分替代天然粗、细骨料制备而成的混凝土）和过去15年新发展的再生混合混凝土（即再生块体与天然骨料混凝土混合浇筑而成的混合物），再生块体-骨料混凝土在确保质量的前提下，可进一步显著提高混凝土中工程废弃物的总利用量，进而大幅提升工程废弃物的资源化循环利用率。

虽然我国在工程废弃物资源化循环利用领域已颁布了一系列标准，但再生块体-骨料混凝土同时采用有再生块体、再生粗骨料和再生砂，由此产生的耦合效应导致既有标准均无法直接适用。此外，采用湿加工或干加工工艺从工程渣土中制备而得的再生砂与既有标准中涉及的天然砂、机制砂和再生细骨料在生产方式、物质构成、理化性质等方面存在较大差异，既有标准同样无法指导该类再生砂的工程应用。为在实际工程中推广应用再生块体-骨料混凝土，迫切需要制定相关标准从设计、施工、质量检验及验收等多方面指导其应用。

近年来，国内外高校以及设计、检测和施工单位在再生块体-骨料混凝土的力学性能、耐久性能、长期性能、设计方法、施工工艺、质量检验等方面开展了大量的科学研究与工程实践，研究成果不断丰富，工程经验不断累积。为了规范建设工程中再生块体-骨料混凝土的应用，保证工程质量，做到技术先进、安全可靠、经济合理、绿色低碳，制定本标准。

**1.0.2** 本标准的适用范围包括建设工程和其他建设行业中使用的再生块体-骨料混凝土。

**1.0.3** 对于再生块体-骨料混凝土的有关技术内容，本标准规定的以本标准为准，未作规定的应按国家现行有关标准执行。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1~2.1.2** 再生块体由旧混凝土经粗破、筛分而成，特征尺寸用于表征再生块体的尺寸，其含义对应于再生块体可以通过的最小圆形筛孔的直径。

**2.1.3** 本标准将现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685中定义的“碎石”和“卵石”统一称为天然粗骨料，当实际应用中需要对“碎石”和“卵石”进行区分时，应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685和现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的相关要求。

**2.1.4** 再生块体-骨料混凝土中所使用的再生粗骨料与现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177中定义的“再生粗骨料”相同，定义无调整。

**2.1.5** 本标准中的再生砂为工程渣土经湿加工或干加工制备而成，与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684中定义的“天然砂”和“机制砂”以及现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176中定义的“再生细骨料”在生产方式、物质构成、理化性质等方面存在较大差异。为做区分，本标准将由工程渣土制备而成的混凝土用细骨料定义为再生砂。

**2.1.6** 再生砂的性能品质随工程渣土的性质和制备工艺的不同存在较大差异，其与天然砂或机制砂混合使用时的适宜混合比例也较为宽泛。本标准引入混合砂的定义，并对混合砂整体的性能品质进行限制，更符合工程应用实际，便于再生砂的推广应用。

**2.1.8** 现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240中对“再生骨料混凝土”的定义为：掺用再生骨料配制而成的混凝土。其中再生骨料包括由建（构）物中的混凝土、砂浆、石或砖瓦等加工而成的再生粗骨料和再生细骨料。本标准中的再生骨料混凝土与前者的区别在于，采用工程渣土制备而成的再生砂而非再生细骨料全部或部分取代细骨料。

**2.1.9** 现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468中定义的“再生混合混凝土”和现行广东省地方标准《再生块体混凝土组合结构技术规程》DBJ/T 15中定义的“再生块体混凝土”均指由再生块体与天然骨料混凝土混合浇筑而成混合物。区别于前两者，本标准中的再生块体-骨料混凝土是由再生块体与使用再生粗骨料和再生砂的再生骨料混凝土混合浇筑而成。

# 3 原 材 料

## 3.1 再 生 块 体

**3.1.1** 为保障再生块体-骨料混凝土的质量，再生块体不应含有各种杂物，块体表面应确保未污染并清洗干净。

**3.1.2** 再生块体-骨料混凝土中使用的再生块体与再生混合混凝土（再生块体与天然混凝土混合浇筑而成的混合物）中使用的旧混凝土块体并无差异。参照现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468中的相关规定制定本条。

**3.1.3** 再生块体的氯离子含量和碱含量过高，可能引发钢材锈蚀和碱骨料反应，严重影响构件的受力性能和耐久性能。因此，对再生块体的最大氯离子含量和最大碱含量给出了规定。

**3.1.4** 再生块体来源旧混凝土的情况十分复杂，可能具有放射性危害。用于建筑特别是人居环境中的再生块体，需要确保其放射性符合现行国家标准《建筑材料放射性》GB 6566的规定。

## 3.2 再生砂和混合砂

**3.2.1~3.2.2** 编制组对再生砂的制备工艺和所得再生砂的理化性质进行了研究，形成了一整套优化的制备工艺。并在此基础上，对使用再生砂的再生砂浆的力学性能和使用再生砂的再生骨料混凝土的力学性能、耐久性能和长期性能开展了一系列研究。研究结果表明，再生砂的性能指标对混凝土性能的影响机理与天然砂相应性能指标对混凝土性能的影响机理较为一致。且当再生砂性能指标与天然砂性能指标接近时，两者制备的混凝土的性能差异并不显著。因此，参考现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684，依据细度模数将再生砂和混合砂划分为粗砂、中砂、细砂和特细砂；依据颗粒级配、含泥量或石粉含量、亚甲蓝（MB）值等性能指标将再生砂和混合砂划分为I类、II类和III类。

**3.2.3~3.2.11** 试验研究表明，当再生砂性能指标与天然砂性能指标接近时，两者制备的混凝土的性能差异并不显著。因此，参照现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684中天然砂的分类标准，给出了再生砂基于颗粒级配、细度模数、含泥量、泥块含量、有害物质含量、坚固性和片状颗粒含量等性能指标的分类标准。

为与GB/T 14684中的规定相协调，将混合砂区分为混合砂（再生砂+天然砂）和混合砂（再生砂+机制砂）。基于再生砂与天然砂要求一致的原则，参照GB/T 14684中天然砂的分类标准给出了混合砂（再生砂+天然砂）的分类标准，参照GB/T 14684中机制砂的分类标准给出了混合砂（再生砂+机制砂）的分类标准。

考虑到工程渣土来源情况的复杂性及其中有害物质的不确定性，除对再生砂和混合砂中云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物等有害物质的含量给出限制外，还要求其他有害物质应符合国家现行标准《建筑环境通用规范》GB55016、《化工建设项目环境保护工程设计标准》GB/T 50483、《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146等环保和安全相关标准的规定。

**3.2.12** 本条规定了除特细砂外，再生砂和混合砂的表观密度和松散堆积密度最小值，空隙率的最大值。

**3.2.13**再生砂来源工程渣土的情况十分复杂，可能具有放射性危害。用于建筑特别是人居环境中的再生砂和混合砂，需要确保其放射性符合现行国家标准《建筑材料放射性》GB 6566的规定。

## 3.3 再生粗骨料和其他原材料

**3.2.1** 再生块体-骨料混凝土所使用的再生粗骨料与现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177和现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240中定义的再生粗骨料无异，应符合上述标准的规定。

**3.3.2** 本标准将“碎石”和“卵石”统一称为天然粗骨料，当实际应用中需要对“碎石”和“卵石”进行区分时，应分别按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的相关规定执行。

**3.3.3~3.3.6** 再生块体-骨料混凝土所使用的水泥、水、矿物掺合料和外加剂均应符合对应国家现行标准的相关规定。

# 4 再生块体-骨料混凝土性能

## 4.1 拌合物性能

**4.1.2** 再生块体-骨料混凝土在浇筑过程中，再生骨料混凝土需要填充再生块体之之间的空隙，对再生骨料混凝土拌合物的工作性能以及工作性能随时间的损失情况有一定要求。如再生骨料混凝土拌合物的性能不佳，可能对施工过程和硬化后再生块体-骨料混凝土的质量产生不利影响。实际工程经验表明，当再生骨料混凝土的坍落度不小于120 mm，坍落扩展度不小于450 mm，坍落度经时损失不大于30 mm/h时，能够满足一般混凝土工程的要求。

**4.1.3** 现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283根据坍落扩展度将自密实混凝土的填充性能分为3个等级，分别为SF1（550 mm~650 mm）、SF2（660 mm~750 mm）、SF3（760 mm~850 mm）。编制组开展的填充性能试验表明，当自密实再生骨料混凝土的坍落扩展度达到700 mm时，可以较好的在自重作用下流动填实再生块体之间的空隙。

## 4.2 力 学 性 能

**4.2.1** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的抗压强度试验研究。研究结果表明，现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468中再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值计算方法仍能适用于再生块体-骨料混凝土。实际工程中，再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值不宜低于再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值。

**4.2.2** 根据再生块体-骨料混凝土立方体（150 mm×150 mm×150 mm~600 mm×600 mm×600 mm）的尺寸效应试验结果，同时参考现行行业标准《水工混凝土试验规程》DL/T 5150的相关规定，综合给出。

**4.2.3** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的大量力学性能试验，在此基础上，参考现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468制定本条。当再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值介于表4.2.3所列数据之间时，按线性插值处理。

**4.2.4** 参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的相关规定。再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度设计值按*f*c，com=*f*ck，com/1.4计算；组合轴心抗拉强度设计值按*f*t，com=*f*tk，com/1.4计算。当再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值介于表4.2.4所列数据之间时，按线性插值处理。

**4.2.5** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土圆柱体试件（高径比2：1）以及同期再生骨料混凝土圆柱体试件的弹性模量和抗压强度测试。研究发现，每组再生块体-骨料混凝土的弹性模量与其抗压强度平方根之比约为对应再生骨料混凝土试件的弹性模量与其抗压强度的平方根之比的（0.88~1.09）倍（其中约89%大于0.92倍，平均为0.98倍）。美国《Building Code Requirements for Structural Concrete》ACI 318-14认为，混凝土弹性模量与轴心抗压强度的平方根之间存在线性关系。由此可知，当再生块体-骨料混凝土和再生骨料混凝土的轴心抗压强度相同时，前者弹性模量平均约为后者的0.98倍，且绝大多数情况都大于0.92倍。在此基础上，进一步考虑再生块体-骨料混凝土的组合轴心抗压强度与组合立方体抗压强度之比与再生骨料混凝土相应比值的关系，通过对现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240中再生骨料混凝土的弹性模量乘以折减系数0.90，即可得到表4.2.5

再生块体-骨料混凝土的剪切模量与弹性模量之比直接按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010采用。

当再生块体-骨料混凝土的组合立方体抗压强度标准值介于表4.2.5所列数据之间时，按现行插值处理。

## 4.3 长期性能与耐久性能

**4.3.1** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的收缩性能试验研究。研究结果表明，再生块体-骨料混凝土的收缩率随再生块体替代率提高而降低。这是由于再生块体的自身收缩变形已基本停止，其掺入对再生骨料混凝土的收缩变形起到了一定的阻滞作用。取所使用的再生骨料混凝土的收缩率作为再生块体-骨料混凝土收缩率的代表值是偏安全的。

再生块体-骨料混凝土的徐变系数的试验及计算，可参照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GB/T 50082进行，试件尺寸应根据所采用的再生块体的特征尺寸做相应调整。

**4.3.2** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的抗冻试验研究。研究结果表明，当冻融循环次数保持不变时，再生块体-骨料混凝土的质量损失率总体上随再生块体替代率的提高而降低。出于安全考虑，取所使用的再生骨料混凝土的抗冻设计标号作为再生块体-骨料混凝土的抗冻设计标号。

编制组开展了再生块体-骨料混凝土的碳化试验研究。研究结果表明，由于再生块体-骨料混凝土中再生块体被再生骨料混凝土包裹，再生块体对整体碳化深度的影响有限。因此，实际工程中宜取再生骨料混凝土的碳化深度作为再生块体-骨料混凝土的碳化深度代表值。

**4.3.3** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的抗渗试验研究，以及对应使用的再生骨料混凝土和再生块体来源旧混凝土的抗渗试验研究。研究结果表明，由再生骨料混凝土的渗透系数、再生块体来源旧混凝土的渗透系数和再生块体替代率按公式4.3.3能较精准地预测混合浇筑后再生块体-骨料混凝土的渗透系数。

鉴于现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193仅根据抗渗等级评定混凝土抗渗性能。参考国家现行标准《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》GB/T 50082和《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420中抗渗等级和渗透系数的相关试验和计算方法，考虑试验中最大渗透高度与平均渗透高度的统计关系，给出了再生块体-骨料混凝土抗渗等级与渗透系数的对应关系（表4.3.3）。

**4.3.4** 编制组开展了再生块体-骨料混凝土的抗氯离子渗透试验，以及对应使用的再生骨料混凝土和再生块体来源旧混凝土的抗氯离子渗透试验。研究表明，再生块体-骨料混凝土的电通量可较好地满足并联公式4.3.4。实际工程中，应按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193中的相关规定，根据电通量对再生块体-骨料混凝土抗氯离子渗透性能等级进行划分。

**4.3.6** 再生块体-骨料混凝土的主要耐久性能项目与普通混凝土相同，应按普通混凝土的检验评定方法进行检验评定。

# 5 配合比设计

## 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 再生块体-骨料混凝土的配合比设计不仅应满足试配强度的要求，同时也应满足长期性能和耐久性能的要求。

**5.1.2** 再生块体-骨料混凝土中再生块体替代率越高，工程废弃物的循环利用程度越高，但施工浇筑难度会有所增大。虽然再生块体替代率在实验室里曾高达50%，但施工已较为不易。大量试验以及工程应用表明，当再生块体的替代率约为1/3时，可较好实现工程废弃物循环利用程度与施工浇筑难度之间的平衡。为保证施工质量，给出了再生块体替代率的上限。

**5.1.3** 为确保再生骨料混凝土充分填实再生块体之间的空隙，对再生骨料混凝土的砂率和粗骨料最大粒径分别给出了规定；当使用自密实再生骨料混凝土时，根据编制组开展的填充性能试验，对自密实再生骨料混凝土的粗骨料最大粒径给出了规定，以确保自密实再生骨料混凝土可在自重作用下流动填实再生块体之间的空隙。

**5.1.4** 对于有耐久性要求的再生块体-骨料混凝土，除整体应符合设计要求外，其所使用的再生骨料混凝土本身也应符合现行国家标准的规定。

**5.1.5** 为确保再生块体骨料混凝土拌合物性能，以及掺加矿物掺合料后再生骨料混凝土的耐久性能，参照现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240和《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的相关规定制定本条。

**5.1.6** 再生骨料混凝土中矿物掺合料的掺量太大会影响再生骨料混凝土以及再生块体-骨料混凝土的强度和耐久性，掺量太小不经济且不利于绿色低碳，需要通过试配确定；外加剂掺量也需要通过试配，以满足再生骨料混凝土拌合物性能和再生块体-骨料混凝土性能的要求。

**5.1.7** 现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283中规定自密实混凝土的胶凝材料用量宜控制在450 kg/m3~ 550 kg/m3。而国内外对自密实再生骨料混凝土的研究中，胶凝材料用量普遍超过这一范围，甚至达到600 kg/m3~700 kg/m3。结合编制组开展的试验情况，本标准仅规定了自密实再生骨料混凝土所用胶凝材料的最小用量。

## 5.2 再生骨料混凝土配制强度确定

**5.2.1** 再生块体-骨料混凝土的配合比设计整体分为三个步骤进行。①再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值的确定：根据设计对再生块体-骨料混凝土组合立方体抗压强度的要求，结合所使用再生块体来源旧混凝土的立方体抗压强度推定值和再生块体替代率，计算得到所需再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值；②再生骨料混凝土配制强度的确定：根据再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值计算得到再生骨料混凝土的配制强度；③再生骨料混凝土配合比计算：根据再生骨料混凝土的配制强度，计算得到每立方米再生骨料混凝土的各原材料用量。

本标准4.2.1条给出了，再生块体-骨料混凝土立方体抗压强度标准值与再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值、再生块体来源旧混凝土立方体抗压强度推定值和再生块体替代率的定量关系，通过反向计算即可得到再生骨料混凝土的立方体抗压强度标准值。当再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土立方体抗压强度推定值之差小于15 MPa时，再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值可直接按公式5.2.1计算得到；当再生骨料混凝土立方体抗压强度标准值与再生块体来源旧混凝土立方体抗压强度推定值之差大于等于15 MPa时，可按附录A查表得到，当再生块体来源旧混凝土立方体抗压强度推定值介于附录A所列数据之间时，按线性插值处理。

**5.2.2~5.2.3** 本标准对再生块体-骨料混凝土中使用的再生砂和混合砂（再生砂+天然砂）的要求与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684中对天然砂的要求一致；对再生块体-骨料混凝土中使用的混合砂（再生砂+机制砂）的要求与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684中的机制砂的要求一致。因此，再生块体-骨料混凝土使用的再生骨料混凝土的配制强度应符合现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240中再生骨料混凝土（不使用再生细骨料）配制强度的相关规定。

## 5.3 再生骨料混凝土的配合比计算

**5.3.2** 参考现行行业标准《自密实混凝土应用规程》JGJ/T 283中配合比设计的相关规定，本标准规定自密实再生骨料混凝土的配合比设计宜采用绝对体积法。

**1**  参考现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283中单方混凝土中粗骨料绝对体积和坍落扩展度的对应关系，给出自密实再生骨料混凝土中粗骨料绝对体积与坍落扩展度的定量关系。

**3** 粗骨料堆积在一起时，粗骨料之间存在空隙。对于粗骨料和砂的混合堆积体，其内部存在尚未被砂堆积体完全填充的粗骨料之间的空隙以及砂堆积体内部颗粒之间的空隙。显然，当砂堆积体完全填充粗骨料之间的空隙时，粗骨料和砂的混合堆积体内部的空隙体积达到最小，即等于砂堆积体内部颗粒之间的空隙体积。以粗骨料和砂的混合堆积体内部的空隙体积最小为原则，确定砂的质量。

**4**  考虑到再生粗骨料可能会影响自密实再生骨料混凝土的抗压强度，现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283中的水胶比计算公式可能不再适用。编制组收集整理了大量国内外试验数据，对掺有矿物掺合料（粉煤灰）的自密实再生骨料混凝土的抗压强度和相应的水胶比进行了统计分析，给出了公式5.3.2-12。需要注意的是，考虑到再生粗骨料的吸水性普遍高于天然粗骨料，在进行统计分析时使用的水胶比为有效水胶比，即每立方米混凝土总用水量扣除拌合过程中骨料吸水量后的有效用水量与胶凝材料用量的质量比。

对于对掺有其他矿物掺合料（石灰石粉和矿渣粉等）的自密实再生骨料混凝土，应根据工程所使用的原材料，通过建立的水胶比与自密实再生骨料混凝土立方体抗压强度之间的关系式来计算得到水胶比。

**7** 参考国内外相关研究，以自密实再生骨料混凝土拌合过程中粗骨料可吸水至含水率达饱和面干状态含水率的85%，砂可吸水至饱和面干状态为原则，计算每立方米混凝土中的附加用水量。

**5.3.3** 我国长期以来一直在工程中采用以干燥状态骨料为基准的混凝土配合比设计，具有可操作性，应用情况良好。对于自密实再生骨料混凝土，本标准中附加用水量的计算公式（公式5.3.2-19）也是以干燥状态骨料为基准提出的。

**5.3.4** 自密实再生骨料混凝土的配合比的调整和确定，在操作上与常规自密实混凝土无异。

# 6 施 工

## 6.1 再生块体和再生骨料混凝土的制备与运输

**6.1.1** 来源旧混凝土的理化性质直接影响制备得到的再生块体的理化性质。因此，应在再生块体制备前确定来源旧混凝土的抗压强度推定值，并根据氯离子含量、放射性对来源旧混凝土进行前置筛选。

**6.1.2** 工程应用中对再生块体的特征尺寸和来源旧混凝土立方体抗压强度推定值有严格的要求。基于实际工程的经验，规定再生块体在制备、堆放和运输时均应根据其特征尺寸和来源旧混凝土立方体抗压强度推定值分批进行，并对每批中再生块体的特征尺寸和来源旧混凝土立方体抗压强度推定值的差异程度进行了限制。

**6.1.4** 再生块体尺度大于其他原材料，基于实际工程的经验，综合考虑再生块体-骨料混凝土的质量要求和工程可操作性，将再生块体的计量允许偏差放松至±5%。再生砂和混合砂的计量允许偏差按现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164中针对细骨料的相关规定执行。

**6.1.5** 单个再生块体的体积和质量较大，在运输过程中易发生滚落导致安全事故。因此，再生块体的运输宜优先选用封闭式自卸货车。如采用非封闭式的自卸货车，则应严格限制再生块体的堆积高度，并采用有效的上覆措施，避免颠簸导致再生块体滚落。

## 6.2 再生块体-骨料混凝土的浇筑和养护

**6.2.1** 为避免取用混乱，再生块体进场后应按本标准6.1.2的要求分批堆放。工程应用中，设计方根据构件形式和尺寸限制再生块体的特征尺寸上限，因此以每批再生块体的特征尺寸的最大值作为示值取用符合工程实际情况；从再生块体-骨料混凝土性能的角度出发，以每批再生块体来源旧混凝土立方体抗压强度推定值的最小值作为示值使用，是偏安全的。

**6.2.2** 为避免再生块体大量吸收再生骨料混凝土中的水分，造成再生骨料混凝土实际水胶比降低进而影响其强度和流动性，在与再生骨料混凝土混合之前，再生块体表面应充分浇水湿润。

**6.2.3** 再生骨料混凝土的倾落高度过高时，一方面，可能导致再生骨料混凝土发生离析；另一方面，再生骨料混凝土自由落体引发的冲击动能可能导致已投入的再生块体之间太过挤紧甚至部分卡死，为后续振捣带来困难。因此，当再生骨料混凝土自由倾落高度较高时，宜采用串筒、溜槽、溜管等设备辅助下料。

**6.2.4~6.2.5** 当时用普通再生骨料混凝土（非自密实再生骨料混凝土）时，再生块体-骨料混凝土的施工工艺与再生混合混凝土的施工工艺并无差异。因此，本标准延用现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468的相关规定。

**6.2.6~6.2.7** 编制组开展了自密实再生骨料混凝土在再生块体-骨料混凝土混合浇筑过程中的填充性能试验研究。研究结果表明，当自密实再生骨料混凝土坍落扩展度为700 mm时，在自重作用下对堆积的再生块体竖直填充深度可达1 m；当自密实再生骨料混凝土坍落扩展度为800 mm时，在自重作用下对堆积的再生块体竖直填充深度可达1.5 m。考虑现场施工情况与试验情况存在一定差异，偏保守地规定再生块体的堆积高度不超过800 mm，当构件的竖向尺寸大于800 mm时，应按不超过800 mm一层，分层交替进行再生块体的投放和自密实再生骨料混凝土的浇灌。

**6.2.8** 再生块体-骨料混凝土的养护与普通混凝土无异，应符合现行国家标准的相关规定

# 7 质量检验和验收

## 7.1 原材料质量检验

**7.1.1** 原材料质量文件齐全方可进场，对于再生块体、再生砂和混合砂规定了检验报告上应包含的指标。

**7.1.2** 原材料进场后和生产、施工过程中，由监理进行抽检，可有效控制工程使用的原材料质量。

**7.1.3** 本条规定了再生块体、再生砂、混合砂和其他原材料的抽检项目。

**7.1.4** 本条规定了再生块体、再生砂、混合砂和其他原材料的检验批量。

## 7.2 再生骨料混凝土拌合物性能检验

**7.2.1** 再生骨料混凝土拌合物性能是确保再生块体-骨料混凝土浇筑质量的关键，本条规定了再生骨料混凝土拌合物应在搅拌地点和浇筑地点分别进行抽样检验。

**7.2.2** 本条规定了再生骨料混凝土拌合物有关性能的检验频率。

**7.2.3** 本条规定了再生骨料混凝土拌合物性能的评定依据。

## 7.3 硬化再生块体-骨料混凝土性能检验

**7.3.1** 再生块体-骨料混凝土强度评定、强度试验方法、试件制备和试件养护的要求均与再生混合混凝土的相关要求一致。本条在现行行业标准《再生混合混凝土组合结构技术标准》JGJ/T 468中相关规定的基础上，增加了使用自密实再生骨料混凝土时试件的制备要求。

**7.3.3** 当同条件养护的再生块体-骨料混凝土立方体试件的组合抗压强度被评定为不合格时，表明已施工的再生块体-骨料混凝土组合构件可能存在安全隐患，此时应按照国家现行相关标准的规定，委托具有相应资质等级的检测机构对构件进行检测鉴定，并根据鉴定结论采取有效对策。

**7.3.5** 现行行业标准《混凝土耐久性评定标准》JGJ/T 193未对长期性能的检验做出规定，但其中的耐久性检验规则可以适用于长期性能的检验。

## 7.4 再生块体-骨料混凝土工程验收

**7.4.1** 再生块体-骨料混凝土工程验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。