**中国砂石协会团体标准**

**再生砂粉分类及应用导则**

**Guidelines for classification and application of recycled fine aggregate**

**and recycled micro powder**

**（T/CAATB XXX-20\*\*）**

（征求意见稿）

**二〇二二年九月**

**前 言**

我国废弃混凝土产生量逐年增加，其处置以堆放、填埋为主，不仅占用大量土地，还严重影响生态环境，这和我国建设资源节约与环境友好型社会不符。以往废弃混凝土的回收利用侧重于再生粗骨料，而约30~40%废弃混凝土砂粉由于品质低未得到有效利用。另一方面，我国天然砂石和矿物掺合料资源匮乏，同时为了保护生态与节约自然资源，国家也颁布了河砂限采政策。因此，将废弃混凝土砂粉经过处理之后得到的再生砂替代天然砂、再生微粉能够替代胶凝材料用于普通混凝土甚至是高性能混凝土，不仅有助于节约资源保护环境，还能补充建设砂石资源等，符合国家可持续发展的要求。

本导则规定了废弃混凝土再生砂粉的性能指标、试验方法。进一步的规定了废弃混凝土再生砂粉在砂浆、混凝土材料中应用的一般规定及应用范围，以规范和指导废弃混凝土再生砂粉的推广应用。

本导则的主要技术内容是：总则，术语，再生砂分类，再生微粉分类，工程应用。

本导则由中国砂石协会（CAA）负责管理，由合肥工业大学负责起草，并负责对具体内容的解释。

本导则起草单位：

本导则主要起草人员：

本导则主要审查人员：

本导则为首次发布。

目 次

[1 总则 1](#_Toc116137359)

[2 术语 2](#_Toc116137361)

[2.1 再生砂 recycled fine aggregate 2](#_Toc116137362)

[3.2 再生微粉 recycled micro powder 2](#_Toc116137363)

[3.3 残余浆体含量 residual cement content 2](#_Toc116137364)

[3 再生砂分类 3](#_Toc116137365)

[3.1 类别 3](#_Toc116137366)

[3.2 规格 3](#_Toc116137367)

[3.3 技术要求 3](#_Toc116137368)

[3.4 试验方法 6](#_Toc116137369)

[4 再生微粉分类 8](#_Toc116137370)

[4.1 类别 8](#_Toc116137371)

[4.2 技术要求 8](#_Toc116137372)

[4.3 试验方法 8](#_Toc116137373)

[5工程应用 10](#_Toc116137374)

[5.1 一般规定 10](#_Toc116137375)

[5.2 再生砂的应用范围 10](#_Toc116137376)

[5.3 再生微粉的应用范围 10](#_Toc116137377)

[附录A 残余浆体含量试验方法 11](#_Toc116137378)

[附录B 坚固性试验方法 13](#_Toc116137382)

[附录C 颗粒形貌试验方法 15](#_Toc116137386)

[附录D 再生胶砂需水量比试验方法 17](#_Toc116137391)

[附录E 再生微粉28d抗压强度比试验方法 19](#_Toc116137395)

[引用标准名录 21](#_Toc116137400)

[附：条文说明 22](#_Toc116137400)

Contents

[1 General 1](#_Toc116137359)

[2 Rerminology 2](#_Toc116137361)

[2.1 Recycled fine aggregate 2](#_Toc116137362)

[2.2 Recycled micro powder 2](#_Toc116137363)

[2.3 Residual cement content 2](#_Toc116137364)

[3 Classification of recycled fine aggregate 3](#_Toc116137365)

[3.1 Type 3](#_Toc116137366)

[3.2 Specification 3](#_Toc116137367)

[3.3 Technical requirement 3](#_Toc116137368)

[3.4 Experimental method 6](#_Toc116137369)

[4 Classification of recycled micro powder 8](#_Toc116137370)

[4.1 Type 8](#_Toc116137371)

[4.2 Technical requirement 8](#_Toc116137372)

[4.3 Experimental method 8](#_Toc116137373)

[5 Application of recycled fine aggregate and recycled micro powder in engineering 10](#_Toc116137374)

[5.1 General provision 10](#_Toc116137375)

[5.2 The application of recycled fine aggregate 10](#_Toc116137376)

[5.3 The application of recycled micro powder 10](#_Toc116137377)

[Appendix A Test method for residual cement content 11](#_Toc116137378)

[Appendix B Test method for robustness 13](#_Toc116137382)

[Appendix C Test method for particle morphology 15](#_Toc116137386)

[Appendix D Test method for water requirement ratio of reclaimed mortar 17](#_Toc116137391)

[Appendix E Test method for 28 day compressive strength ratio of recycled micro powder 19](#_Toc116137395)

[List of quoted standards 21](#_Toc116137400)

[Addition: Explanation of provisions 22](#_Toc116137400)

1 总则

1.0.1本标准规定了再生砂和再生微粉的术语和定义、分类、技术要求、试验方法、应用。

1.0.2本标准适用于制备再生砂浆、再生混凝土及其制品时作为细骨料使用的再生砂（作为掺合料使用的再生微粉）。

2 术语

**2.0.1** **再生砂 recycled fine aggregate**

以废弃混凝土为原料，经机械破碎、筛分、整形、粉控制成的，粒径小于4.75mm且级配及微粉含量满足要求的颗粒。

**2.0.2** **再生微粉 recycled micro powder**

以废弃混凝土为原料，经专门机组生产或再生砂制备过程中伴随产生的，粒径小于75 μm的粉体。

**2.0.3** **残余浆体含量 residual cement content**

再生砂中残余水泥浆体的含量，以残余水泥浆体质量占再生砂质量的百分比表示。

3 再生砂分类

**3.1 类别**

废弃混凝土再生砂按照其技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类。

**3.2 规格**

废弃混凝土再生砂按细度模数分为粗、中、细、特细四种规格,其细度模数分别为:

——粗：3.7~3.1

——中：3.0~2.3

——细：2.2~1.6

——特细：1.5~0.7

**3.3 技术要求**

**3.3.1 颗粒级配**

3.3.1.1 Ⅰ类再生砂的颗粒级配应符合表1规定。

**表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 | 100~90 | 100~75 |

3.3.1.2 Ⅱ类再生砂应满足4.75mm以上筛余小于10%，其它粒径级配可更具供需双方协商约定。

3.3.1.3 Ⅲ类级配要求按照JC/T 2281或 JCG/T F20执行。

**3.3.2 残余浆体含量**

废弃混凝土再生砂的残余浆体含量应符合表2的规定。

**表2 残余浆体含量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 残余浆体含量（按质量计）/% | ≤15 | ≤25 | — |

**3.3.3微粉含量和泥块含量**

根据亚甲蓝试验结果的不同，再生砂的微粉含量和泥块含量应符合表3的规定。

**表3 微粉含量和泥块含量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 微粉含量（按质量计）/% | MB值≤1.4或合格 | ≤2.0 | ≤6.0 | ≤10.0 |
| MB值＞1.4或不合格 | ≤1.0 | ≤3.0 | ≤5.0 |
| 泥块含量（按质量计）/% | ≤1.0 | ≤2.0 | ≤3.0 |

**3.3.4 有害物质**

砂中如含有云母、轻物质、有机物﹑硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳,其限量应符合表4的规定。

**表4 有害物质限量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 云母（按质量计）/% | ≤1.0 | ≤2.0 |
| 轻物质（按质量计）/% | ≤1.0 |
| 有机物 | 合格 |
| 硫化物及硫酸盐（按SO3质量计）/% | ≤0.5 |
| 氯化物（按氯离子质量计）/% | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.06 |

**3.3.5 坚固性**

按附录B规定进行，再生砂的坚固性指标应符合表5的规定。

**表5 坚固性指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 质量损失/% | ≤8 | ≤10 | ≤12 |

**3.3.6 压碎指标**

再生砂压碎指标应满足表6的规定。

**表6 压碎指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 单级最大压碎指标/% | ≤20.0 | ≤25.0 | ≤30.0 |

**3.3.7 表观密度、松散堆积密度、空隙率**

废弃混凝土再生砂表观密度、松散堆积密度、空隙率应满足表7的规定。

**表7 表观密度、松散堆积密度、空隙率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 表观密度/（kg/m3） | ＞2500 | ＞2430 | ＞2360 |
| 松散堆积密度/（kg/m3） | ＞1400 | ＞1300 | ＞1200 |
| 空隙率/% | ≤44 | ≤48 | ≤52 |

**3.3.8 碱集料反应**

经碱集料反应试验后,试件应无裂缝,酥裂、胶体外溢等现象,在规定的试验龄期膨胀率应小于0.10%。

**3.3.9 放射性**

再生砂的放射性应符合GB 6566的规定。

**3.3.10 含水率和饱和面干吸水率**

当用户有要求时,应报告其实测值。

**3.3.11 颗粒形貌**

Ⅰ类再生砂的圆形度不应小于0.9，长径比不大于1.6。II、III类根据用户要求，应报告其实测值。

**3.3.12 再生胶砂需水量比**

再生胶砂需水量比应采用附录D进行试验，并符合表8的规定。

**表8 再生胶砂需水量比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 再生胶砂需水量比 | 细 | 中 | 粗 | 细 | 中 | 粗 | 细 | 中 | 粗 |
| ≤1.4 | ≤1.3 | ≤1.2 | ≤1.6 | ≤1.5 | ≤1.4 | ≤1.7 | ≤1.6 | ≤1.5 |

**3.3.13 再生胶砂强度比**

再生胶砂强度比应符合表9的规定。

**表9再生胶砂强度比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 再生胶砂强度比 | ≥0.80 | ≥0.70 | ≥0.60 |

**3.4 试验方法**

**3.4.1 取样方法**

按照GB/T 14684中规定的取样方法执行

**3.4.2 取样数量**

单项试验的最少取样数量应符合表10的规定。若进行几项试验时，如能保证试样经一项试验后不致影响另一项试验的结果，可用同一试样进行几项不同的试验。

**表10 单项试验取样质量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 试 验 项 目 | 最少取样质量/kg |
| 1 | 颗粒级配 | 4.4 |
| 2 | 残余浆体含量 | 0.4 |
| 3 | 微粉含量 | 5 |
| 4 | 泥块含量 | 20.0 |
| 5 | 云母含量 | 0.6 |
| 6 | 轻物质含量 | 3.2 |
| 7 | 有机物含量 | 2.0 |
| 8 | 硫化物和硫酸盐含量 | 0.6 |
| 9 | 氯化物含量 | 4.4 |
| 10 | 贝壳含量 | 9.6 |
| 11 | 坚固性 | 废弃混凝土再生砂 | 20.0 |
| 12 | 压碎指标 | 30 |
| 13 | 表观密度 | 2.6 |
| 14 | 松散堆积密度与空隙率 | 5.0 |
| 15 | 碱集料反应 | 20.0 |
| 16 | 放射性 | 6.0 |
| 17 | 含水率和饱和面干吸水率 | 4.4 |
| 18 | 颗粒形貌 | 1.0 |
| 19 | 再生胶砂需水量比 | 20 |
| 20 | 再生胶砂强度比 | 20 |

**3.4.3 颗粒级配**

按照GB/T 14684中规定的颗粒级配试验方法执行。

**3.4.4 残余浆体含量**

按附录A的规定进行。

**3.4.5 再生砂的微粉含量和泥块含量**

按照GB/T 14684中规定的石粉含量和泥块含量试验方法执行。

**3.4.6 有害物质**

按照GB/T 14684中规定的有害物质含量试验方法执行。

**3.4.7 坚固性**

按照附录B执行，试验结果精确至0.1%。

**3.4.8 压碎指标**

按照GB/T 14684中规定的压碎指标法执行。

**3.4.9 表观密度、松散堆积密度、空隙率**

按照GB/T 14684中规定的表观密度、松散堆积密度、空隙率试验方法执行。

**3.4.10 碱集料反应**

按照GB/T 14684中规定的碱集料反应试验方法执行。

**3.4.11 放射性**

按照GB 6566中规定的试验方法执行。

**3.4.12 含水率和饱和面干吸水率**

按照GB/T 14684中规定的含水率和饱和面干吸水率试验方法执行。

**3.4.13 颗粒形貌**

按照附录C中规定的再生砂颗粒形貌试验方法执行。

**3.4.14 再生胶砂需水量比**

按照附录D中规定的再生胶砂需水量试验方法执行。

**3.4.15 再生胶砂强度比**

按照GB/T 25176中规定再生胶砂强度比试验方法执行。

4 再生微粉分类

**4.1 类别**

再生微粉按其技术要求分为三个等级：Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类。

**4.2 技术要求**

Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类再生微粉应符合表11中技术要求。

**表11 再生微粉技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | Ⅰ类 | Ⅱ类 | Ⅲ类 |
| 细度（45μm方孔筛筛余）/% | ≤12.0 | ≤25.0 | ≤45.0 |
| 需水量比/% | ≤105 | ≤110 | ≤115 |
| 28d抗压强度比/% | ≥80 | ≥70 | ≥60 |
| 亚甲蓝MB值 | ＜1.4 |
| 安定性 | 合格 |
| 含水量/% | ≤1.0 |
| 氯离子含量/% | ≤0.06 |
| 三氧化硫含量/% | ≤3.0 |

注：（1）再生微粉的碱含量以 Na2O + 0.658 K2O 计算值表示，当再生微粉用于拌制砂浆和混凝土时有碱含量限制要求时，由供需双方协商确定；（2）再生微粉放射性核素限量应符合GB 6566的规定。

**4.3 试验方法**

**4.3.1 细度**

按GB/T 1345中的45μm负压筛析法进行。

**4.3.2 需水量比**

按JG/T 573-2020的规定进行。

**4.3.3 28d抗压强度比**

按附录E的规定进行。

**4.3.4 亚甲蓝MB值**

按GB/T 30190的规定进行。

**4.3.5 安定性**

按GB/T 1346的规定进行。

**4.3.6 含水量**

按GB/T 1596的规定进行。

**4.3.7 氯离子含量、三氧化硫含量、碱含量**

按GB/T 176的规定进行。

**4.2.8 放射性**

按GB 6566的规定进行。

5 工程应用

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 冻融环境和受疲劳荷载的混凝土工程不宜用再生砂粉。

**5.1.2** 再生砂粉砂浆和混凝土配合比设计中应考虑附加水量；

**5.1.3** 再生砂粉应用中应使用专门的外加剂，并应检验材料和外加剂的相容性。

**5.1.4** 不同品种、规格的再生砂粉预拌砂浆不应混合使用。

**5.1.5** 再生砂粉预拌砂浆的品种选用应根据设计、施工等的要求确定。

**5.1.6** 再生砂粉混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应符合现行国家标准的规定。

**5.1.7** 再生砂粉混凝土中再生砂可部分或全部取代天然砂或机制砂，应根据性能要求确定取代率。

**5.2 再生砂的应用范围**

**5.2.1** I类再生砂可用于配制C50及以下强度等级的混凝土、各种强度等级的砂浆；

**5.2.2** II类再生砂宜用于配制C25及以下强度等级的混凝土，可用于配制M20及以下强度等级的砂浆；

**5.2.3** III类再生砂不宜用于配制结构混凝土，宜用于配制M10及以下强度等级的砂浆。

**5.2.4** 配制防水砂浆、瓷砖黏结砂浆、界面砂浆、自流平砂浆、填缝砂浆、饰面砂浆、修补砂浆、灌浆料等特种干混砂浆时，应采用I类、II类再生砂。

**5.2.5** 再生砂不应用于配制预应力混凝土、环境作用等级为D、E、F的混凝土、具有防水要求的地下结构混凝土、具有耐磨性要求的路面混凝土和地面面层砂浆。

**5.3 再生微粉的应用范围**

**5.3.1** I、II类再生微粉可用于配制C50及以下强度等级混凝土、各种强度等级的砂浆；

**5.3.2** III类再生微粉不应用于配制结构混凝土，可用于配制M20及以下强度等级的砂浆。

**附 录 A**

**（规范性附录）**

**残余浆体含量试验方法**

**A.1 范围**

本附录规定了再生砂的残余浆体含量的测试方法。

**A.2 主要仪器设备及材料**

A.2.1 试验用仪器应采用GB/T 176中规定的仪器，以及球磨机和抽滤装置。

A.2.2 试验用甲醇应采用GB 338中符合规定的甲醇。

A.2.3 试验用水杨酸应符合GB/T 14679-93标准。

**A.3 试验条件及方法**

A.3.1 试验室应符合GB/T 17671的规定。

A.3.2 再生砂的残余浆体含量试验与计算：

a）按3.6.1和3.6.2规定取样，并将试样缩分至约100 g，放在干燥箱中于(105±5)℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，粉磨粉状试样。再按四分法缩分至20 g～25 g，放在干燥箱中于(105±5)℃下烘干至恒量，待冷却至室温后备用。称取粉状试样0.5 g，精确至0.0001 g。将粉状试样倒入水杨酸—甲醇溶液中，用玻璃棒持续搅拌使反应充分。称量滤纸质量，精确至0.0001 g。使用抽滤装置进行过滤，用甲醇洗涤直至漏斗滴下澄清液体。取出滤纸及固体不溶物一并置于干燥箱中烘干至恒量，待冷却至室温后，称出质量，精确至0.0001g。

b）再生砂的残余浆体含量按（A.1）计算，计算结果应精确至0.1%。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （A.1） |

式中：*RMC*——残余浆体含量，%；

*m1*——粉末试样质量，单位为克(g)；

*m2*——过滤后滤纸及不溶物质量，单位为克(g)；

*m3*——滤纸质量，单位为克(g)。

c）以三次试验结果的算术平均值作为测定值，精确至0.1%；

d）采用修约值比较法进行评定。

**附 录 B**

**（规范性附录）**

**坚固性试验方法**

**B.1 范围**

本附录规定了再生砂的坚固性的测试方法。

**B.2 主要仪器设备及材料**

B.2.1 仪器设备如下：

a) 鼓风干燥箱：能使温度控制在(105±5)℃；

b) 天平：称量1000g，感量0.1g；

c) 三脚网篮：用金属丝制成，网篮直径和高均为70mm，网的孔径应不大于所盛试样中最小粒径的一半；

d) 方孔筛：同3.6.3；

e) 容器：瓷缸，容积不小于10L；

f) 比重计；

g) 玻璃棒、搪瓷盘、毛刷等。

B.2.2 试验原材料如下：

a) 10%氯化钡溶液；

b) 硫酸钠溶液：在1L水中（水温在30℃左右），加入无水硫酸钠(Na2SO4) 350g，或结晶硫酸钠(Na2SO4·H2O)750g，边加入边用玻璃棒搅拌，使其溶解并饱和。然后冷却至20℃~25℃，在此温度下静置48h，即为试验溶液，其密度应为1.151g/cm3~1.174g/cm3。

**B.3 试验条件及方法**

B.3.1 试验室应符合GB/T 17671的规定。

B.3.2 再生砂的坚固性试验与计算：

a）将不少于5kg的再生砂试样倒入容器中，用水浸泡、淋洗干净后，放在干燥箱中于(105±5)℃下烘干至恒重，待冷却至室温后，筛除大于4.75mm及小于0.3mm的颗粒，然后筛分成0.3mm~0.6mm、0.6mm ~1.18mm、1.18mm~2.36mm、2.36mm~4.75mm四个粒级备用。称取各粒级试样各100g，精确至0.1g。将不同粒级的试样分别装入网篮，并浸入盛有硫酸钠溶液的容器中，溶液的体积应不小于试样总体积的5倍。网篮浸入溶液时,应上下升降25次，以排除试样的气泡，然后静置于该容器中，网篮底面应距离容器底面约30mm，网篮之间距离应不小于30mm，液面至少高于试样表面30mm，溶液温度应保持在20℃~25℃。浸泡20h后，把装试样的网篮从溶液中取出，放在干燥箱中于(105±5)℃烘4h，至此，完成了第一次试验循环，待试样冷却至20℃~25℃后，再按上述方法进行第二次循环。从第二次循环开始，浸泡与烘干时间均为4h，共循环5次。最后一次循环后，用清洁的温水淋洗试样，直至淋洗试样后的水加入少量氯化钡溶液不出现白色浑浊为止，洗过的试样放在干燥箱中于(105±5)℃下烘干至恒量。待冷却至室温后，用孔径为试样粒级下限的筛过筛，称出各粒级试样试验后的筛余量，精确至0.1g。

b）各粒级试样质量损失百分率按式(B.1)计算，精确至0.1%：

$$\begin{array}{c}P\_{i}=\frac{G\_{1}−G\_{2}}{G\_{1}}×100\#\left(B.1\right)\end{array}$$

其中：

Pi——各粒级试样质量损失百分率，%；

G1——各粒级试样试验前的质量，单位为克(g)；

G2——各粒级试样试验后的筛余量，单位为(g)。

c）试样的总质量损失百分率按式(B.2)计算，精确至1%；

$$\begin{array}{c}P=\frac{∂\_{1}P\_{1}+∂\_{2}P\_{2}+∂\_{3}P\_{3}+∂\_{4}P\_{4}}{∂\_{1}+∂\_{2}+∂\_{3}+∂\_{4}}\#\left(B.2\right)\end{array}$$

其中：

P ——试样的总质量损失率，%；

∂1、∂2、∂3、∂4 ——分别为各粒级质量占试样（原试样中筛除了大于4.75mm及小于0.3mm的颗粒，且原试样按照GB/T 25176中规定的三个级配区来确定再生砂的级配，即分别取累计筛余范围的中值）总质量的百分率，%；

P1、P2、P3、P4 ——分别为各粒级试样质量损失百分率，%。

d）用各粒级试样中的最大损失率作为判定结果，取三个级配区所得结果的平均值作为最后结果，采用修约值比较法进行评定。

**附 录 C**

**（规范性附录）**

**颗粒形貌试验方法**

**C.1 范围**

本附录规定了再生砂颗粒形貌的测试方法。

**C.2 主要仪器设备**

再生砂颗粒形貌分析系统，需满足下列设备要求：

a) 测量尺寸范围：10 μm~10000 μm；

b) 准确率误差：<3%；

c) 重复率误差：<3%；

d) 光源：面板白光源；

e) 振动给料机：通过电磁振动分散再生砂颗粒，功率可调节；

f) CCD工业相机：芯片尺寸＞2/3英寸，帧率＞30帧/秒；

g) 远心镜头：200万像素，16毫米焦距；

h) 分析参数：圆形度、长径比；

i) 图像分析软件：可对获取的再生砂图片进行二值化处理，获取再生砂颗粒投影图像，并提取再生砂颗粒的投影面积S、投影周长P以及再生砂投影的最小外接矩形的长边A与短边B。

**C.3 试验方法**

实验方法如下：

a）按照GB/T 14684中规定的取样，并将试样缩分至约200 g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

b）将再生砂颗粒形貌分析系统装置平稳置于水平工作台上，连接仪器的测试主机、显示器等装置，打开测试软件。

c）将样品逐渐加入再生砂颗粒形貌分析系统装置进样料斗中，直至样品全部经过测试后，停止测试。

**C.4 结果计算与处理**

圆形度按式(C.1)计算：

$$\begin{array}{c}S=\frac{2\sqrt{πA}}{P}\#\left（C.1\right）\end{array}$$

其中：

S——圆形度，精确至0.01；

A——颗粒投影面积，颗粒边界范围内像素之和；

P——颗粒投影周长，颗粒边界连续像素之和。

长径比按式（C.2）计算：

式中：

$$\begin{array}{c}L\_{w}=\frac{B}{A}\#\left（C.2\right）\end{array}$$

LW——长径比；

A——颗粒投影最小外接矩形的宽，单位为毫米（mm）；

B——颗粒投影最小外接矩形的长，单位为毫米（mm）。

以一种粒段砂得到的两次圆形度和长径比测定值的算术平均值作为该粒段砂的圆形度和长径比试验结果。

**附 录 D**

**（规范性附录）**

**再生胶砂需水量比试验方法**

**D.1 范围**

本附录规定了再生胶砂需水量比的测试方法。

**D.2 主要仪器设备及材料**

D.2.1 仪器设备如下：

a) 烘箱：能使温度控制在(105±5)℃的鼓风烘箱；

b) 其他仪器设备应符合GB/T 2419规定。

D.2.2 试验原材料如下：

a) 水泥应采用符合GB 8076规定的基准水泥或符合GB 175的52.5级硅酸盐水泥；

b) 标准砂应符合GB 178的规定；

c) 水应符合JGJ 63的规定。

**D.3 试验条件及方法**

D.3.1 试验室应符合GB/T 17671的规定。

D.3.2 再生胶砂需水量比试验与计算：

a）将不少于5kg的再生砂试样在105℃±5℃干燥箱内烘干至恒重，采用方孔筛将再生砂筛分成0.15mm~0.3mm、0.3mm~0.6mm、0.6mm~1.18mm、1.18mm~2.36mm、2.36mm~4.75mm共五个粒段。称取标准砂1350g和基准水泥540g，加入适量的水制成基准胶砂，按照GB/T 2419规定的方法测试胶砂的流动度。调整用水量，使其流动度为130mm±5mm，此时所对应的用水量即为基准胶砂需水量（W0）。按照GB/T 25176中规定的三个级配区中每层筛的累计筛余范围的中值称取再生砂，总量为1350g，其中0.15mm孔径筛累计筛余取100%。将称取的每个级配区的再生砂分别和540g基准水泥、适量的水制备再生胶砂，按照GB/T 2419规定的方法测定再生胶砂的流动度。调整用水量，使其流动度为130mm±5mm，此时所对应的用水量即为再生胶砂需水量（WR）。

b）再生胶砂需水量比按式（D.1）计算：

$$\begin{array}{c}β\_{W}=\frac{W\_{R}}{W\_{0}}\#\left(D.1\right)\end{array}$$

其中：

βW ——再生胶砂需水量比；

WR——再生胶砂需水量，单位为毫升(mL)；

W0——基准胶砂需水量，单位为毫升(mL)。

c）βW以同批三组试验的算术平均值计，准确至0.01。若三组试验的最大值或最小值中有一个与中间值之差超过中间值的15%，则把最大值与最小值一并舍去，取中间值；若两个测值与中间值之差均超过15%，则该批试验结果无效，应重新试验。

**附 录 E**

**（规范性附录）**

**再生微粉28d抗压强度比试验方法**

**E.1 范围**

本附录规定了再生微粉的28d抗压强度比的测试方法。

**E.2 主要仪器设备及材料**

E.2.1 试验用仪器应采用GB/T 17671中规定的试验用仪器。

E.2.2 试验用水泥应采用符合GSB 14-1510强度检验用水泥标准样品或合同约定水泥。当有争议或仲裁检验时，应采用符合GSB 14-1510规定的强度检验用水泥标准样品。

E.2.3 试验砂应符合GB/T 17671规定的标准砂。

E.2.4 试验用水应采用自来水或蒸馏水。

E.2.5 再生微粉应采用受检的再生微粉。

**E.3 试验条件及方法**

E.3.1 试验室应符合GB/T 17671的规定。

E.3.2 确定28d抗压强度比的胶砂配合比应符合表E.1的规定。

**表E.1 胶砂配合比**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 胶砂种类 | 水泥/g | 再生微粉/g | 标准砂/g | 加水量/mL |
| 对比胶砂 | 450 | 0 | 1350 | 225 |
| 试验胶砂 | 360 | 90 | 1350 | 225 |

E.3.3 按照GB/T 17671的规定进行胶砂的搅拌、试体成型和养护。

E.3.4 试体养护至28天，按GB/T 17671规定分别测定对比胶砂和试验胶砂的抗压强度。

**E.4 结果计算**

28d抗压强度比按按式（E.1）计算，结果保留至整数。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （E.1） |

式中

——再生微粉的28d抗压强度比，单位为百分数（%）；

——试验胶砂28d抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

——对比胶砂28d抗压强度，单位为兆帕（MPa）。

引用标准名录

1 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176

2《建设用砂》GB/T 14684

3《水泥细度检验方法》GB/T 1345

4《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346

5《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

6《水泥化学分析方法》GB/T 176

7《水泥胶砂强度检验方法》GB/T 17671

8《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

9《石灰石粉混凝土》GB/T 30190

10《强度检验用水泥标准样品》GSB14-1510

11《混凝土和砂浆用再生微粉》JG/T 573

12《水泥取样方法》GB/T 12573

13《粒度分析 图像分析法 第2部分：动态图像分析法》GB/T 21649.2

**中国砂石协会团体标准**

**《再生砂粉分类及应用导则》**

**（T/CAATB XXX-20\*\*）**

**条文说明**

制定说明

在制定《再生砂粉分类与应用导则》过程中，编制组进行了广泛的调查研究，收集了全国多个地区的废弃混凝土再生砂粉，综合考虑我国废弃混凝土处理技术水平等相关因素，对再生砂粉品质进行评价分类，规范不同类别的再生砂、再生微粉在砂浆及混凝土材料中的应用。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本导则时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本导则的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与导则正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则 25

2 术语 25

3 再生砂分类 26

4 再生微粉分类 27

5 工程应用 28

1 总则

1.0.1 应用再生砂粉，可实现废弃混凝土的资源化利用，符合国家的可持续发展战略。但是，再生砂粉资源属性复杂、成分多样，与天然骨料存在本质区别。为保证再生砂粉分类与应用的效果和质量，制定本导则。

1.0.2~1.0.3 明确了本导则的适用范围，本导则适用于废弃混凝土再生砂粉在砂浆和混凝土及其制品中的应用。

2 术语

2.0.3 根据调研和分析有关再生砂的文献资料，发现再生砂表面覆盖的残余浆体是导致再生砂性能差异性和再生砂应用困难的主要原因。一，废弃混凝土在破碎过程中会使再生砂表面的残余浆体产生很多微裂缝，再加上浆体本身多孔、强度低于骨料，使得再生砂的压碎指标和吸水率都显著高于天然砂，而表观密度等低于天然砂；二，残余浆体的存在使得用再生砂制作的砂浆、混凝土材料中的界面过渡区情况更加复杂，全取代的情况下包括旧砂-旧浆界面、旧砂-新浆界面、旧浆-新浆界面，而材料的破坏往往就发生在界面过渡区。三，残余浆体的存在也会使得用再生砂制作的砂浆、混凝土材料的耐久性能下降。因此，本标准增加该指标，并提出了再生砂表面残余浆体含量的定量方法。

3 再生砂分类

3.3.5 由于使用骨料一般需要考虑级配，再生骨料初始级配大多不符合要求，初始级配将影响坚固性的测定结果。因此，规定原试样按照GB/T 25176中规定的三个级配区来确定再生砂的级配，即分别取累计筛余范围的中值。以此来确定坚固性测定过程中各粒级质量占试样总质量的百分率。

3.3.12 再生胶砂需水量比受到再生砂级配和细度模数的影响，为排除影响，按照GB/T 25176中规定的三个级配区中每层筛的累计筛余范围的中值称取再生砂。

4 再生微粉分类

4.3.2 废弃混凝土再生微粉具有更多的CSH凝胶和不规则产物，颗粒不规则，棱角较多，含有较多的凝胶孔，需水量比大于再生砖粉，因此，不同等级的再生微粉的需水量比依据文献调研及试验数据重新划分范围。

4.3.3 再生微粉活性较低，然而经过活化的再生微粉，如物理研磨等方式，这些微粉的活性超过80%，远大于70%，本标准对其进一步划分适用于再生微粉分级应用。

5 工程应用

5.1.1 再生砂粉往往会增大混凝土的收缩和徐变，因此不宜用于冻融环境和受疲劳荷载的混凝土工程。

5.1.3 再生砂粉的性能差异性大，在应用中可根据实际情况使用专门的外加剂，并检验材料和外加剂的相容性。

5.2.1~5.3.2 为控制使用再生砂粉配制的砂浆和混凝土的质量，对各等级再生砂粉的应用范围做出规定。