

T/YCST

河南省建设科技协会团体标准

T/YCST 028—2025

再生砖粉超高性能混凝土

Recycled brick powder ultra high performance concrete

2025 - 07 - 01 发布

2025 - 08 - 01 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由郑州大学提出。

本文件由河南省建设科技协会归口。

本文件起草单位：郑州大学、河南晟科建材有限公司、郑州共图建设工程检测有限公司、河南省豫建建筑工程技术服务中心、河南省建筑设计研究院有限公司、郑州航空港区航程天地置业有限公司、河南国正工程质量检测有限公司、河南宝莱检测技术有限公司、南阳市恒基混凝土有限责任公司、商城县鑫泰建设工程质量检测有限公司、河南广洋建设有限公司、睢县豫东工程质量检测有限公司、郑州大学综合设计研究院有限公司、郑州城发供应链科技有限公司。

本文件主要起草人：元成方、谭炳林、范嘉慧、吴镠、申磊、周蕊、乔倩、郭松旭、常晓伟、张俊磊、赵芳芳、王志军、郭黎明、吴春节、任浩天、樊星、吴鑫、张中华、余洋、周雨梅、张仲银、王学胜、金华彦、王玉虎、刘哲、刘慧娟、张伟、彭勃、孙红霞、程帆、郑仪、李彦争、郭孝坤、许明辉、陈娜、赵宗兴、薛彬、孙飞、张立。

本文件为第一次发布。

再生砖粉超高性能混凝土

1 范围

本文件规定了再生砖粉超高性能混凝土的术语和定义、分类、性能等级及标记，材料，要求，试验方法，检验规则，包装、运输和贮存。

本文件适用于建筑、桥梁、市政等工程用的再生砖粉超高性能混凝土。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 8076 混凝土外加剂

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维

GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准

GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

JGJ 63 混凝土用水标准

JG/T 573 混凝土和砂浆用再生微粉

T/CECS 864 超高性能混凝土试验方法标准

T/CECS 10107 超高性能混凝土(UHPC)技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再生砖粉 recycled brick powder

由废弃烧结黏土砖破碎、研磨后制得的粒径小于75 μm的颗粒。

3.2

球磨活性激发 ball milling activation

通过球磨的方法，使再生砖粉中具有潜在活性的组分参与到水化反应中，起到加快水化反应速率的效果。

3.3

再生砖粉超高性能混凝土 recycled brick powder ultra high performance concrete

由水泥、再生砖粉（掺量占比 \geq 胶凝材料的10%）、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂和水等原材料制成的具有超高力学性能（抗压强度 \geq 100MPa）、超高抗渗性能的水泥基复合材料。

3.4

抗拉性能 tensile performance

单轴拉伸荷载作用下材料表现出的力学和变形特征。

3.5

抗折强度 flexural tensile strength

混凝土试件小梁承受弯矩作用折断破坏时，混凝土试件表面所承受的极限拉应力。

3.6

应变软化 strain softening

当拉应力超过弹性极限抗拉强度后，拉应力随应变增大而持续下降的现象。

3.7

应变硬化 strain hardening

当拉应力超过弹性极限抗拉强度后，拉应力随应变增大而持续上升的现象。

3.8

残余抗拉强度 residual tensile strength

单轴拉伸试验过程中试件在应变软化段达到规定拉应变时对应的拉应力。

3.9

热养护 heat curing

借助于热源的热能，经介质的传导、对流或光波辐射，将热量传递于材料，并对周围相对湿度加以控制的养护方法。

3.10

标准蒸汽养护 standard steam curing

在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于50%的室内静置 $1\text{d} \sim 2\text{d}$ 后脱模，将脱模后的试件放入蒸汽养护箱，以不大于 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率升温至 $90^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，恒温48h，然后以不大于 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率降温至室温，待试件冷却至室温后从蒸汽养护箱中取出的养护方法。

3.11

早龄期自收缩 early age self-shrinkage

在与外界无水分交换的条件下，再生砖粉超高性能混凝土从初凝开始至初凝后72h，由于胶凝材料水化引起的内部相对湿度降低和毛细孔负压而导致的宏观体积的减小。

3.12

干燥收缩 drying shrinkage

硬化再生砖粉超高性能混凝土在无约束和规定温湿度条件下的收缩变形，其中包括再生砖粉超高性能混凝土在不饱和空气中失水引起的收缩和胶凝材料水化引起的自收缩。

4 分类、性能等级及标记

4.1 分类

4.1.1 再生砖粉超高性能混凝土按产品用途分为结构类再生砖粉超高性能混凝土（S）和非结构类再生砖粉超高性能混凝土（NS）。

4.1.2 再生砖粉超高性能混凝土按养护方法分为自然养护类再生砖粉超高性能混凝土（NC）和热养护类再生砖粉超高性能混凝土（HC）。

4.2 性能等级

4.2.1 再生砖粉超高性能混凝土的扩展度分级应符合表1的规定。

表1 再生砖粉超高性能混凝土扩展度分级 单位为mm

等级	S1	S2	S3
扩展度	$S < 650$	$650 \leq S < 750$	$S \geq 750$

4.2.2 再生砖粉超高性能混凝土的抗压性能分级应符合表2的规定。

表2 再生砖粉超高性能混凝土抗压性能分级 单位为MPa

等级	C1	C2	C3
抗压强度	$100 \leq f_{cu} < 120$	$120 \leq f_{cu} < 150$	$150 \leq f_{cu} < 180$

4.2.3 再生砖粉超高性能混凝土的抗拉性能分级应符合表3的规定。

表3 再生砖粉超高性能混凝土抗拉性能分级 单位为MPa

等级	T1	T2	T3
抗拉强度	$6 \leq f_t < 7$	$7 \leq f_t < 8$	$8 \leq f_t$

4.2.4 再生砖粉超高性能混凝土的抗折性能分级应符合表4的规定。

表4 再生砖粉超高性能混凝土抗折性能分级 单位为MPa

等级	F1	F2	F3
抗拉强度	$17 \leq f_t < 20$	$20 \leq f_t < 22$	$22 \leq f_t$

4.3 标记

再生砖粉超高性能混凝土应按下列顺序进行标记：

- a) 产品用途代号；
- b) 养护方法代号；
- c) 产品简称RBPUHPC；
- d) 扩展度等级代号；
- e) 抗压性能等级代号；
- f) 抗拉性能等级代号；
- g) 抗折性能等级代号；
- h) 本标准编号。

示例 1：

自然养护的结构类再生砖粉超高性能混凝土，扩展度等级为S2，抗压性能等级为C3，抗拉性能等级为T3，抗折性能等级为F3，标记为：

S-NC-RBPUHPC-S2/C3/T3/F3-T/XXX XXXX-XXXX

示例 2：

热养护的非结构类再生砖粉超高性能混凝土，扩展度等级为S3，抗压性能等级为C1，抗拉性能等级为T2，抗折性能等级为F2，标记为：

NS-HC-RBPUHPC-S3/C1/T2/F2-T/XXX XXXX-XXXX

5 材料

5.1 水泥

5.1.1 依据 GB 175，水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.1.2 当采用其他品种的水泥时，应通过试验验证，满足再生砖粉超高性能混凝土设计性能要求。

5.2 再生砖粉

5.2.1 再生砖粉应进行球磨活性激发处理，球磨时间不低于 45min 且粒径小于 75 μm。

5.2.2 再生砖粉技术指标应符合 JG/T 573 的有关规定。

5.3 矿物掺合料

5.3.1 硅灰应符合 GB/T 27690 的规定，且二氧化硅含量不应低于 90%。

5.3.2 粉煤灰宜采用 F 类 I 级粉煤灰，技术指标应符合 GB/T 1596 的规定。

5.3.3 磨细矿渣粉宜为 S95 级及以上级别或经试验验证的等效活性掺合料，技术要求应符合 GB/T 18046 的有关规定。

5.3.4 当采用其他矿物掺合料时，矿物掺合材料性应符合国家现行标准的有关规定，且应通过试验验证。

5.4 骨料

5.4.1 骨料宜选用最大粒径不超过 1.25mm 的单粒级石英砂，也可选用细度模数为 1.6~2.2 的天然砂或人工砂。石英砂按粒径可分粗粒径砂(1.25mm~0.63mm)、中粒径砂(0.63mm~0.315mm)和细粒径砂(0.315mm~0.16mm)三个粒级。天然砂含泥量不应大于 0.5%，泥块含量应为 0%。人工砂的石粉含量不应大于 5%，且亚甲蓝值(MB 值)不应大于 1.4。

5.4.2 石英砂、天然砂、人工砂的氯离子含量不应大于 0.02%，硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%，云母含量不应大于 0.5%。

5.4.3 再生砖粉超高性能混凝土有特殊要求需使用粗骨料时，其最大粒径不应大于 10mm，且应通过试验验证。

5.5 外加剂

5.5.1 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定，选用减水率不小于 30% 的高性能减水剂。

5.5.2 其他外加剂应符合国家现行标准的有关规定，与水泥和矿物掺合料有良好的适应性，且应通过试验验证。

5.6 纤维

5.6.1 再生砖粉超高性能混凝土中掺加的钢纤维采用长度为 6mm~25mm、直径为 0.10mm~0.25mm、抗拉强度不低于 2000MPa 的微细钢纤维。

5.6.2 再生砖粉超高性能混凝土中掺加的合成纤维应符合 GB/T 21120 的有关规定。

5.7 水

拌合用水应符合 JGJ 63 的有关规定。

6 要求

6.1 流动性

流动性要求应由设计单位或供需双方根据工程实际需求确定。无特殊要求的情况下，扩展度、扩展度经时损失、扩展时间应符合表5的规定。

表5 再生砖粉超高性能混凝土流动性要求

项目	扩展度/mm	扩展度1h经时损失/mm	扩展时间/s
要求	≥650	≤100	3≤t≤10

6.2 力学性能

力学性能应符合表6的规定。

表6 再生砖粉超高性能混凝土力学性能要求

分类	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	抗折强度/MPa	弹性模量/GPa
结构类	≥120	≥7	≥20	≥40
非结构类	≥100	≥6	≥17	≥40

6.3 耐久性能

耐久性能应符合表7的规定。

表7 再生砖粉超高性能混凝土耐久性能要求

项目	结构类	非结构类
氯离子扩散系数/($\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)	≤0.40	≤0.60
抗冻等级	≥F800	≥F600

6.4 收缩

干燥收缩、早龄期自收缩应符合表8的规定。

表8 再生砖粉超高性能混凝土收缩要求

项目	自然养护类	热养护类
干燥收缩/ $\times 10^{-6}$	≤300	≤100
早龄期自收缩/ $\times 10^{-6}$	≤1000	-

7 试验方法

7.1 试件制备

7.1.1 尺寸

再生砖粉超高性能混凝土的尺寸应符合下列规定。

- 测定抗压强度应采用100mm×100mm×100mm的试件尺寸。
- 测定抗拉性能应采用T/CECS 864规定的试件尺寸。
- 测定抗折强度应采用100mm×100mm×400mm的试件尺寸。
- 测定弹性模量应采用100mm×100mm×300mm的试件尺寸。

7.1.2 搅拌

再生砖粉超高性能混凝土的搅拌应符合下列规定。

a) 应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时将水泥、再生砖粉、矿物掺合料、骨料、粉剂外加剂等干料预先干拌1min~2min，然后加入水和其他液体原材料湿拌，湿拌时间不应低于5min，至拌合物接近目标流动性；然后缓慢加入纤维，待纤维全部加完后继续搅拌不少于2min，至纤维在拌合物中分散均匀。

b) 采用预混料制备再生砖粉超高性能混凝土时，应根据使用说明书中的要求进行搅拌。

7.1.3 成型

再生砖粉超高性能混凝土试件的成型应符合下列规定。

a) 拌合物宜从试模的一侧开始浇筑，一次浇筑完毕，浇筑后可用橡胶锤轻敲侧模排除气泡，亦可根据需要将试模置于振动台上振动以排除气泡，振动时间宜为10s~15s。

b) 成型过程中不得进行插捣。

7.1.4 养护

再生砖粉超高性能混凝土试件的养护应符合下列规定。

a) 试件成型后，应立即在试模表面覆盖塑料薄膜，避免水分散失。

b) 自然养护类再生砖粉超高性能混凝土试件应按GB/T 50081的规定进行标准养护。

c) 热养护类再生砖粉超高性能混凝土试件应进行标准蒸汽养护。

7.2 试验龄期

7.2.1 硬化再生砖粉超高性能混凝土性能测试的试件试验龄期应符合下列规定。

a) 自然养护类再生砖粉超高性能混凝土试件，试验龄期应为28d。

b) 热养护类再生砖粉超高性能混凝土试件，试验龄期应为7d。试件应在标准蒸汽养护结束后，放置于GB/T 50081规定的试验环境中至试验龄期。

7.2.2 再生砖粉超高性能混凝土干燥收缩和早龄期自收缩试件的试验龄期，应符合7.6.1和7.6.2的规定。

7.3 流动性测定

7.3.1 扩展度及扩展度经时损失

扩展度及扩展度1h经时损失应按GB/T 50080的有关规定进行测定，测试再生砖粉超高性能混凝土拌合物不再扩散时（扩散持续时间小于90s）或扩散持续时间达到90s时的扩展度。

7.3.2 扩展时间

依据GB/T 50080的有关规定进行测定。

7.4 力学性能测定

7.4.1 抗压强度

再生砖粉超高性能混凝土的抗压强度应按GB/T 50081的有关规定进行测定，并应符合下列规定。

a) 每组6个试件。

b) 加载速率应为 $1.20\text{MPa/s}\sim 1.40\text{MPa/s}$ 。

c) 取与平均值偏差小于10%的试件强度平均值作为测定值。当6个测值中有1个或2个与平均值的差值超过平均值的10%时，将超出平均值10%的测值舍除，取剩余测值的平均值作为该组试件的抗压强度值；当有3个或3个以上试件强度值与平均值偏差大于10%时，则该组试件试验结果无效。

7.4.2 抗拉性能

再生砖粉超高性能混凝土的抗拉性能应按T/CECS 864的有关规定进行测定。

7.4.3 抗折强度

再生砖粉超高性能混凝土的抗折强度应按GB/T 50081的有关规定进行测定。

7.4.4 弹性模量

再生砖粉超高性能混凝土的弹性模量应按GB/T 50081的有关规定进行测定，加载速率应为 $1.20\text{MPa/s}\sim 1.40\text{MPa/s}$ 。

7.5 耐久性能测定

再生砖粉超高性能混凝土的氯离子扩散系数和抗冻性能应按GB/T 50082进行测定。

7.6 收缩性能

7.6.1 干燥收缩率

再生砖粉超高性能混凝土的干燥收缩应按GB/T 50082中收缩试验(接触法)的有关规定进行试验。自然养护类再生砖粉超高性能混凝土干燥收缩测试的开始时间为3d龄期，测试时长为28d；热养护类再生砖粉超高性能混凝土干燥收缩测试的开始时间为标准蒸汽养护结束，测试时长为28d。

7.6.2 早龄期自收缩率

自然养护类再生砖粉超高性能混凝土的早龄期自收缩应按GB/T 50082中收缩试验(非接触法)的规定进行测定，应测试从初凝开始至初凝后72h的收缩值。再生砖粉超高性能混凝土的凝结时间应按GB/T 50080的有关规定进行测定，应采用不含纤维和粗骨料的再生砖粉超高性能混凝土拌合物。热养护类再生砖粉超高性能混凝土可不进行早龄期自收缩测试。

8 检验规则

8.1 一般规定

8.1.1 再生砖粉超高性能混凝土产品质量检验分为型式检验、出厂检验和交货检验。

8.1.2 在下列情况下应进行型式检验：

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
- b) 正常生产时，每年至少进行一次；
- c) 主要材料、配合比或生产工艺有较大差异时；

- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
e) 停产六个月以上恢复生产时。

8.1.3 再生砖粉超高性能混凝土出厂前应进行出厂检验。

8.2 检验项目

型式检验、出厂检验和交货检验的检验项目应符合表8的规定

表8 再生砖粉超高性能混凝土检验项目

项目	型式检验	出厂检验	交货检验
扩展度	√	√	√
扩展度经时损失	√	×	○
扩展时间	√	×	○
抗压强度	√	√	√
抗拉性能	√	×	√
抗折强度	√	×	○
弹性模量	√	×	○
氯离子扩散系数	√	×	○
抗冻性能	√	×	○
干燥收缩	√	×	○
早龄期自收缩	√	×	○

注：“√”为必检项目，“×”为无需检验项目，“○”为可选检验项目，由设计单位或供需双方协商确定。

8.3 取样与检验频率

8.3.1 再生砖粉超高性能混凝土拌合物

8.3.1.1 出厂检验的再生砖粉超高性能混凝土拌合物试样，应在搅拌地点随机采样，每 50m³ 相同配合比的再生砖粉超高性能混凝土取样不应少于 1 次。每一工作班相同配合比的再生砖粉超高性能混凝土不足 50m³ 时，取样不应少于 1 次。

8.3.1.2 交货检验的再生砖粉超高性能混凝土拌合物试样，应在交货地点随机采取。当从运输车中取样时，应在再生砖粉超高性能混凝土拌合物卸料过程中卸料量的 1/4 至 3/4 之间采取，且应从同运输车中采取。扩展度和抗压强度检验的试样，每浇筑 50m³ 相同配合比的再生砖粉超高性能混凝土取样不应少于 1 次；抗拉性能检验的试样，每浇筑 200m³ 相同配合比的再生砖粉超高性能混凝土取样不应少于 1 次；设计单位或供需双方协商确定的其他检验项目，同一工程、同一配合比应至少进行一次检验。

8.4 判定规则

8.4.1 对于型式检验的判定，若全部检验项目符合本标准要求，则判定该产品合格。若有 1 项关键指标（抗压强度、抗拉性能）或有 2 项或 2 项以上检验项目不符合本标准要求时，则判定该产品不合格。若仅有一项检验项目不符合本标准要求时，可重新加倍取样（如原样 3 个试件→加倍至 6 个）对不符合项目进行二次检验，如符合要求，则判定该产品合格；如不符合要求，则判定该产品为不合格。

8.4.2 对于出厂检验和交货检验的判定，若全部检验项目符合本标准要求，则判定该产品的检验项目合格；若有检验项目不符合本标准要求，则判定该检验项目不合格。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

9.1.1 再生砖粉超高性能混凝土以预混料形式供应时，可采用小袋或吨袋包装。化学外加剂可预拌于干混料中一同供应，也可单独包装供应，纤维单独包装供应。

9.1.2 袋装再生砖粉超高性能混凝土预混料包装袋上应有标志标明产品名称、标记、商标、出厂时的含水率限值、加水量、化学外加剂掺量(如需)、净含量、使用说明、贮存条件及保质期、生产日期或批号、生产单位、地址和电话等。

9.2 运输

9.2.1 再生砖粉超高性能混凝土预混料运输时，应有防扬尘措施，不应污染环境。

9.2.2 袋装再生砖粉超高性能混凝土预混料运输过程中，不得混入杂物，并应有防雨、防潮和防扬尘措施。

9.2.3 当以再生砖粉超高性能混凝土加水后拌合物的形式运输时，应采用搅拌运输车运输。运输车装料前，装料口应保持清洁，筒体内不应有积水、积浆及杂物。

9.3 贮存

9.3.1 不同品种、型号规格的再生砖粉超高性能混凝土预混料应分别贮存，不应混杂。

9.3.2 袋装再生砖粉超高性能混凝土预混料应贮存在干燥环境中，应有防雨、防潮、防扬尘措施。贮存过程中包装袋不应破损。

9.3.3 袋装再生砖粉超高性能混凝土预混料的保质期自生产日起为 6 个月。存储期间若出现结块、受潮等现象或超过 6 个月时应进行复检，复检合格后方可继续使用。