



CECS 385 : 2014

中国工程建设协会标准

再生骨料混凝土耐久性控制 技术规程

Technical specification for durability control
of recycled aggregate concrete

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

**再生骨料混凝土耐久性控制
技术规程**

**Technical specification for durability control
of recycled aggregate concrete**

CECS 385 : 2014

主编单位：中国建筑科学研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2015年2月1日

中国计划出版社

2014 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 181 号

关于发布《再生骨料混凝土耐久性 控制技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2013 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2013〕057 号)的要求,由中国建筑科学研究院等单位编制的《再生骨料混凝土耐久性控制技术规程》,经本协会混凝土结构专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 385 : 2014,自 2015 年 2 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇一四年十二月十日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2013 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2013〕057 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程的主要内容包括:总则、术语、基本规定、原材料控制、混凝土性能要求、配合比设计、生产与施工、质量检验。

本规程由中国建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理,由中国建筑科学研究院(地址:北京市北三环东路 30 号,邮政编码:100013)负责解释。在使用过程中如有建议或发现需要修改和补充之处,请将意见和相关资料寄至解释单位。

主 编 单 位: 中国建筑科学研究院

参 编 单 位: 住房和城乡建设部政策研究中心

邯郸全有生态建材有限公司

北京新奥混凝土集团有限公司

山西四建集团科研所

陕西省建筑科学研究院

青岛理工大学

新奥生态建材有限公司

北京建筑大学

青岛农业大学

中国建筑股份有限公司技术中心

主要起草人: 赵霄龙 韦庆东 孙 俊 翟宝辉 寇全有

尚百雨 刘雅晋 黄沛增 李秋义 李建勇

张 磊 徐 莹 周文娟 全洪珠 张 涛

张劲松 孙 佳
主要审查人：郝挺宇 杜 雷 兰明章 杨根宏 李帼英
宋作宝 朋改非 蔡亚宁 徐亚玲

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(3)
4	原材料控制	(4)
4.1	再生粗骨料	(4)
4.2	再生细骨料	(4)
4.3	其他原材料	(5)
5	混凝土性能要求	(6)
5.1	新拌混凝土性能	(6)
5.2	硬化混凝土性能	(7)
6	配合比设计	(8)
6.1	一般规定	(8)
6.2	配合比计算	(8)
6.3	配合比试配、调整与确定	(9)
7	生产与施工	(10)
7.1	生产	(10)
7.2	运输与施工	(10)
8	质量检验	(12)
8.1	一般规定	(12)
8.2	原材料质量检验	(12)
8.3	新拌混凝土性能检验	(12)
8.4	硬化混凝土性能检验	(13)
	本规程用词说明	(15)
	引用标准名录	(16)
	附：条文说明	(19)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(3)
4	Raw materials controlling	(4)
4.1	Recycled coarse aggregate	(4)
4.2	Recycled fine aggregate	(4)
4.3	Other materials	(5)
5	Technical properties requirement of concrete	(6)
5.1	Fresh concrete properties	(6)
5.2	Hardened concrete properties	(7)
6	Mix proportion design	(8)
6.1	General requirements	(8)
6.2	Calculation of mix proportion	(8)
6.3	Trial mix, adjustment and determination of mix proportion	(9)
7	Production and construction	(10)
7.1	Production	(10)
7.2	Transportation and construction	(10)
8	Quality inspection	(12)
8.1	General requirements	(12)
8.2	Quality inspection of raw materials	(12)
8.3	Performance inspection of fresh concrete	(12)
8.4	Performance inspection of hardened concrete	(13)
	Explanation of wording in this specification	(15)
	List of quoted standards	(16)
	Addition; Explanation of provisions	(19)

1 总 则

1.0.1 为规范再生骨料混凝土耐久性控制技术,满足设计和施工要求,保证再生骨料混凝土工程质量,做到安全适用、技术先进和经济合理,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于再生骨料混凝土耐久性控制。

1.0.3 再生骨料混凝土耐久性控制除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 再生骨料 recycled aggregate

再生粗骨料和再生细骨料的总称。

2.0.2 再生粗骨料 recycled coarse aggregate

由建(构)筑废物中的混凝土、砂浆、石或砖瓦等加工而成,粒径大于 4.75mm 的颗粒。

2.0.3 再生细骨料 recycled fine aggregate

由建(构)筑废物中的混凝土、砂浆、石或砖瓦等加工而成,粒径不大于 4.75mm 的颗粒。

2.0.4 再生骨料混凝土 recycled aggregate concrete

掺用再生骨料配制而成的混凝土。

2.0.5 再生粗骨料取代率 replacement ratio of recycled coarse aggregate

再生骨料混凝土中再生粗骨料用量占粗骨料总用量的质量百分比。

2.0.6 再生细骨料取代率 replacement ratio of recycled fine aggregate

再生骨料混凝土中再生细骨料用量占细骨料总用量的质量百分比。

2.0.7 体积砂率 volume ratio of fine aggregate

再生骨料混凝土中细骨料体积占骨料总体积的百分比。

3 基本规定

3.0.1 再生粗骨料宜与其他粗、细骨料混合使用。

3.0.2 再生骨料混凝土不得用于预应力混凝土结构。

4 原材料控制

4.1 再生粗骨料

4.1.1 再生粗骨料按技术性能可分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类,其质量应符合现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177 的规定。

4.1.2 再生粗骨料质量主要控制项目应包括颗粒级配、泥块含量、表观密度、微粉含量、压碎指标、吸水率和坚固性。

4.1.3 当采用再生粗骨料配制具有耐久性要求的再生骨料混凝土时,除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定外,尚应符合下列规定:

1 宜选用Ⅰ类和Ⅱ类再生粗骨料;

2 Ⅰ类再生粗骨料可配制各种强度等级混凝土,Ⅱ类再生粗骨料宜配制 C40 及以下强度等级混凝土;

3 当选用Ⅲ类再生粗骨料时,混凝土强度等级不宜大于 C25。

4.2 再生细骨料

4.2.1 再生细骨料按技术性能可分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类,其质量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。

4.2.2 再生细骨料质量主要控制项目应包括颗粒级配、泥块含量、表观密度、微粉含量、再生胶砂需水量比、吸水率、压碎指标和坚固性。

4.2.3 当采用再生细骨料配制具有耐久性要求的再生骨料混凝土时,除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的

规定外,尚应符合下列规定:

- 1 配制 C40 及以下强度等级混凝土宜选用 I 类再生细骨料;
- 2 当选用 II 类再生细骨料时,混凝土强度等级不宜大于 C25。

4.3 其他原材料

4.3.1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。再生骨料混凝土宜采用通用硅酸盐水泥,不同品种水泥不宜混合使用。

4.3.2 天然粗、细骨料或人工粗、细骨料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。

4.3.3 粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、天然沸石粉和硅灰应分别符合国家现行标准《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、《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048 和《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定。

4.3.4 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。

4.3.5 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.3.6 采用其他原材料时,应符合国家现行相关标准的规定。

5 混凝土性能要求

5.1 新拌混凝土性能

5.1.1 新拌再生骨料混凝土性能应满足工程设计和施工要求,并应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。其检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。

5.1.2 新拌再生骨料混凝土的水溶性氯离子最大含量应符合本规程表 5.1.2 的规定。其检验方法应符合现行行业标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 的规定。

表 5.1.2 再生骨料混凝土拌合物水溶性氯离子最大含量

环境条件	水溶性氯离子最大含量(水泥用量的质量百分比,%)	
	钢筋混凝土	素混凝土
干燥环境	0.30	1.00
潮湿但不含氯离子的环境	0.20	
潮湿且含有氯离子的环境	0.10	
腐蚀环境	0.06	

5.1.3 新拌再生骨料混凝土的总碱量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。碱含量的检验和计算宜符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 的规定。

5.1.4 新拌再生骨料混凝土的坍落度经时损失不应影响混凝土的正常施工。泵送混凝土拌合物的坍落度经时损失不宜大于 30mm/h。

5.2 硬化混凝土性能

5.2.1 再生骨料混凝土的轴心抗压强度标准值、轴心抗压强度设计值、受压和受拉弹性模量均可按现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 的规定取值,必要时可通过试验确定。

5.2.2 硬化再生骨料混凝土力学性能、耐久性能和长期性能应满足工程设计、施工和应用环境要求,并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。其检验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 和《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。

5.2.3 硬化再生骨料混凝土的氯离子含量和三氧化硫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 的规定。其检验方法应符合国家现行标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 和《水泥化学分析方法》GB/T 176 的规定。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 再生骨料混凝土配合比设计除应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 的规定外,尚应满足设计和施工的要求。

6.1.2 当采用Ⅱ类和Ⅲ类再生粗骨料制备抗冻等级 F100 以上混凝土时,应根据本规程第 6.3 节的规定进行配合比试配,并可采取掺加优质引气剂、复合使用矿物掺合料和高性能减水剂等技术措施。

6.1.3 对有抗水渗透、抗收缩、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗化学侵蚀等耐久性要求的再生骨料混凝土,其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。

6.1.4 再生骨料及其制备混凝土放射性物质含量均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。

6.1.5 对设计要求预防碱骨料反应的混凝土工程,应检验再生粗、细骨料的碱活性。

6.1.6 再生骨料混凝土配合比应明确规定再生骨料取代率及其用量。

6.2 配合比计算

6.2.1 掺加再生骨料前的基准混凝土配合比计算应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

6.2.2 再生粗骨料取代率和再生细骨料取代率应通过试验确定。当缺乏试验数据或技术资料时,采用普通硅酸盐水泥制备再生骨

料混凝土的不同类型再生骨料取代率也可按表 6.2.2 取值。

表 6.2.2 不同类型再生骨料取代率

再生骨料类型		取代率
粗骨料	I 类	无要求
	II 类	$\leq 50\%$
	III 类	$\leq 30\%$
细骨料	I 类	无要求
	II 类	$\leq 15\%$

6.2.3 当再生骨料与其他粗、细骨料之间的表观密度之差大于 10% 时,宜采用体积砂率计算配合比,体积砂率可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中砂率的规定取值。

6.3 配合比试配、调整与确定

6.3.1 再生骨料混凝土配合比的试配、调整与确定应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

6.3.2 再生骨料混凝土配合比应根据基准混凝土配合比和再生骨料取代率按下列规定进行试配:

1 再生骨料混凝土单位用水量可比基准混凝土用水量适当增加;

2 单位用水量增加时,应在水胶比不变的情况下相应提高胶凝材料总量,外加剂用量应随胶凝材料用量相应调整,砂率可相应调整。

6.3.3 在配合比试拌的基础上,再生骨料混凝土配合比应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行强度试验,并进行配合比调整和校正。

6.3.4 校正后的再生骨料混凝土试拌配合比,应在满足混凝土拌合物性能要求和混凝土试配强度的基础上,对设计提出的混凝土耐久性项目进行检验和评定,符合要求的配合比确定为最终配合比。

7 生产与施工

7.1 生 产

7.1.1 再生骨料混凝土生产应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。

7.1.2 再生骨料混凝土应采用强制式搅拌机搅拌,搅拌时间宜根据再生骨料取代率增大而适当延长。

7.1.3 当再生骨料采取预湿处理工艺时,应符合下列规定:

1 当日平均气温大于或等于 5℃ 时,可提前半天或一天对再生骨料进行淋水或泡水预湿,然后滤干水分进行投料;

2 当日平均气温小于 5℃ 时,不宜进行预湿处理。

7.1.4 再生骨料混凝土生产用原材料应以质量计量,计量允许偏差不应大于表 7.1.4 的规定,并应每班检查 1 次。

表 7.1.4 再生骨料混凝土用原材料计量允许偏差(按质量计,%)

原材料品种	水泥	天然骨料	再生骨料	水	外加剂	掺合料
每盘计量允许偏差	±2	±3	±3	±1	±1	±2
累计计量允许偏差	±1	±2	±2	±1	±1	±1

注:累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。

7.1.5 对首次生产使用的再生骨料混凝土配合比应进行开盘鉴定。开盘鉴定应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.2 运输与施工

7.2.1 再生骨料混凝土运输时应采取技术措施减少坍落度损失和防止离析。当再生骨料混凝土拌合物因运输或等待浇筑时间较长而造成坍落度损失较大时,可在卸料前掺入经技术预案确定的

适量减水剂进行搅拌,但严禁加水。

7.2.2 再生骨料混凝土宜采用机械振捣,在保证其振捣密实的同时,应避免离析和分层。

7.2.3 再生骨料混凝土浇筑成型后,应及时采取保湿等养护措施,并应根据耐久性能要求,适当延长养护时间。

7.2.4 再生骨料混凝土的施工尚应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

8 质量检验

8.1 一般规定

8.1.1 质量检验应为抽样检验,检验参数应包括原材料主要控制项目,以及设计规定的混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能指标。

8.1.2 质量检验应包括出厂检验和交货检验。出厂检验和交货检验应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

8.1.3 同一产地再生骨料的放射性检验频率不宜少于一次。

8.2 原材料质量检验

8.2.1 原材料质量检验应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

8.2.2 再生骨料进场检验批应符合下列规定:

1 生产厂家、类别、规格和批次均相同的再生骨料应按每 400m^3 或 600t 为一个检验批;

2 来源稳定且连续三次检验合格的再生骨科,检验批量可放大一倍;

3 不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的再生骨料应按一个检验批计。

8.2.3 再生骨料及其他原材料的质量检验结果应符合本规程第 4 章的规定。

8.3 新拌混凝土性能检验

8.3.1 再生骨料混凝土拌合物性能交货检验项目及其频率应符合下列规定:

1 混凝土坍落度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 的规定；

2 同一工程、同一配合比的混凝土的凝结时间和坍落度经时损失应至少检验 1 次；

3 同一配合比的混凝土的氯离子含量和总碱量应至少检验 1 次；

4 引气混凝土拌合物含气量检测频率与坍落度检验频率相同。

8.3.2 再生骨料混凝土拌合物性能检验结果应符合本规程第 5.1 节的规定。

8.4 硬化混凝土性能检验

8.4.1 再生骨料混凝土强度检验应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定，其他力学性能检验应符合工程要求和国家现行有关标准的规定。

8.4.2 再生骨料混凝土耐久性能检验批及试验组数应符合下列规定：

1 同一检验批混凝土的强度等级、龄期、生产工艺和配合比应相同；

2 对于同一工程、同一配合比的混凝土，检验批不应少于 1 个；

3 对于同一检验批，设计要求的各个检验项目应至少完成 1 组试验。

8.4.3 再生骨料混凝土耐久性能检验评定应符合下列规定：

1 当同一检验批只进行 1 组试验时，应将试验结果作为检验结果；

2 当同一检验批进行 1 组以上试验时，抗冻试验、抗水渗透试验和抗硫酸盐侵蚀试验应取所有组试验结果中的最小值作为检验结果；抗氯离子渗透试验、碳化试验和早期抗裂试验应取所有组

试验结果中的最大值作为检验结果；

3 耐久性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。

8.4.4 再生骨料混凝土长期性能检验可按现行行业标准《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。

8.4.5 再生骨料混凝土力学性能、长期性能和耐久性能检验结果应符合本规程第 5.2.2 条的规定。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,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

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《水泥化学分析方法》GB/T 176
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240

《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322

《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048

中国工程建设协会标准

再生骨料混凝土耐久性控制
技术规程

CECS 385 : 2014

条文说明

制 订 说 明

《再生骨料混凝土耐久性控制技术规程》CECS 385 : 2014, 经中国建设标准化协会 2014 年 12 月 10 日以第 181 号公告批准发布。

本规程制订过程中, 编制组进行了广泛而深入的调查研究, 总结了我国工程建设中再生骨料混凝土耐久性控制技术的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过在北京、洛阳、西安和邯郸等地进行了大量试验, 取得了再生骨料混凝土耐久性控制技术的相关重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定, 《再生骨料混凝土耐久性控制技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明, 供使用者参考。但是, 本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总 则	(25)
2	术 语	(26)
3	基本规定	(27)
4	原材料控制	(28)
4.1	再生粗骨料	(28)
4.2	再生细骨料	(28)
4.3	其他原材料	(28)
5	混凝土性能要求	(30)
5.1	新拌混凝土性能	(30)
5.2	硬化混凝土性能	(30)
6	配合比设计	(31)
6.1	一般规定	(31)
6.2	配合比计算	(31)
6.3	配合比试配、调整与确定	(32)
7	生产与施工	(34)
7.1	生产	(34)
7.2	运输与施工	(34)
8	质量检验	(36)
8.1	一般规定	(36)
8.2	原材料质量检验	(36)
8.3	新拌混凝土性能检验	(36)
8.4	硬化混凝土性能检验	(36)

1 总 则

1.0.1 随着城市化水平不断提高,我国新建建筑施工垃圾和旧建筑改造或拆除产生的建筑垃圾逐年增多,利用建筑垃圾再生骨料制备混凝土成为重要消纳途径之一。为了规范我国再生骨料混凝土耐久性控制技术,克服现在的再生骨料利用率低、再生骨料混凝土耐久性差等问题,本规程从原材料控制、配合比设计、生产和施工等角度提出耐久性控制技术,科学指导我国再生骨料混凝土工程应用。

2 术 语

2.0.7 由于再生粗细骨料的容重波动较大,影响混凝土配合比设计技术,因此特别给出了体积砂率这一术语。

3 基本规定

3.0.1 除了Ⅰ类再生粗、细骨料之外,其他类型再生粗、细骨料不宜单独用于配制混凝土。再生骨料可与天然砂、人工砂、碎石、卵石等各类骨料复配,采取合理配合比优化技术等技術措施,再生骨料混凝土耐久性能可接近普通混凝土。

3.0.2 掺加再生骨料后,再生骨料混凝土的弹性模量、收缩和徐变与普通混凝土相差较大,因此不得用于预应力混凝土,以保证工程安全。

4 原材料控制

4.1 再生粗骨料

4.1.1 本条规定了再生粗骨料的分类及质量要求。

4.1.2 本条规定了再生粗骨料质量主要控制项目,以利于生产过程的质量控制和安全使用。这些项目与国家现行有关标准协调一致,并增加了坚固性指标。该指标反映了再生骨料抵抗气候变化或其他因素作用下导致混凝土破损的能力。

4.1.3 选用Ⅰ类和Ⅱ类再生粗骨料更有利于配制较高耐久性要求的再生骨料混凝土。本条规定了不同类型再生骨料与强度等级的对应关系。当有系统试验数据支持时,各类再生粗骨料均可用于配制再生骨料混凝土。

4.2 再生细骨料

4.2.1 本条规定了再生细骨料的分类及质量要求。

4.2.2 本条规定了再生细骨料质量主要控制项目,以利于生产过程的质量控制和安全使用。这些项目与国家现行有关标准协调一致,并补充坚固性。

4.2.3 再生细骨料对混凝土性能影响大于再生粗骨料。选用Ⅰ类再生细骨料更有利于配制 C40 及以下强度等级耐久性混凝土。由于Ⅲ类再生细骨料吸水率过高,不宜用于制备耐久性混凝土。当有系统试验数据支持时,各类再生细骨料均可用于配制再生骨料混凝土。

4.3 其他原材料

4.3.1~4.3.6 生产再生骨料混凝土所用其他原材料与普通混凝土

土相同。水泥,粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、天然沸石粉和硅灰,天然粗、细骨料或人工砂,外加剂,以及拌合用水均应满足国家现行有关标准的要求。必要时,还可使用纤维、膨胀剂等原材料。采用其他原材料制备再生骨料混凝土时,原材料性能应符合国家现行有关标准的规定。

5 混凝土性能要求

5.1 新拌混凝土性能

5.1.1~5.1.4 新拌再生骨料混凝土性能要求与普通混凝土相同,且应满足工程设计和施工要求,现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 中有详细规定。由于再生骨料来源多、成分复杂,所以应重点控制其水溶性氯离子最大含量和总碱量。此外,再生骨料混凝土坍落度经时损失不宜过大,特别是采用泵送工艺时,应采取技术措施减少坍落度经时损失以保证混凝土质量并便于质量控制。新拌再生骨料混凝土性能检测方法应符合国家现行有关标准的规定。新拌再生骨料混凝土性能要求主要适用于设计单位选用、配合比设计以及混凝土质量检验等阶段。

5.2 硬化混凝土性能

5.2.1~5.2.3 硬化再生骨料混凝土性能与普通混凝土存在一定异同。其氯离子含量和三氧化硫含量应按普通混凝土性能要求进行控制。当采取本规程第 6 章提出的配合比优化技术后,轴心抗压强度标准值、轴心抗压强度设计值、受压和受拉弹性模量均可按现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 的规定取值,在再生骨料替代率较大等情况下应通过试验确定,以避免弹性模量或强度标准值降低的风险。利用配合比优化技术或掺加较低用量再生骨料,可确保硬化再生骨料混凝土力学性能、耐久性能和长期性能应满足工程设计、施工和应用环境要求。硬化再生骨料混凝土性能检测方法应符合国家现行有关标准的规定。硬化再生骨料混凝土性能要求主要适用于设计单位选用、配合比设计以及混凝土质量检验等阶段。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了再生骨料混凝土配合比设计的基本要求。在配合比设计时应当明确的是,利用再生骨料配制混凝土并采取优化技术可能会增加单方混凝土材料成本,但是综合考虑税收优惠、环境保护和社会影响,再生骨料混凝土具有良好的综合效益。

6.1.2 中国建筑科学研究院和陕西省建筑科学研究院等单位的系统试验表明,随着再生粗骨料掺量增加,混凝土抗冻性能逐渐降低。在不改变水胶比的情况下,适当增加单位用水量,提高胶凝材料总量有利于改善抗冻性能。掺加引气剂也是有效的技术措施。

6.1.3 本条规定了有抗水渗透、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗化学侵蚀等耐久性要求的再生骨料混凝土的配合比设计附加要求,必要时可掺加膨胀剂或纤维等材料进行混凝土性能改善。

6.1.4 对再生骨料及其制备混凝土进行放射性检验,重点保证其用于建筑工程时的室内环境质量。当再生骨料混凝土用于城市道路和桥梁等工程时,可根据设计或委托方要求确定是否进行放射性检验。

6.1.5 对设计要求预防碱骨料反应的混凝土工程,应对再生骨料碱活性进行批量检验,尽量采用非碱活性再生骨料;如不得已采用碱活性再生骨料,应采取预防混凝土碱骨料反应的技术措施。

6.1.6 在计算配合比、试拌配合比、设计配合比和施工配合比中,明确规定再生骨料取代率及其用量,可有效提高混凝土质量控制水平。

6.2 配合比计算

6.2.1 本条规定了基准混凝土配合比计算依据。

6.2.2 再生粗骨料取代率和再生细骨料取代率应通过试验确定,并受水泥品种和混凝土强度等级等因素影响。无试验数据时可根据表 6.2.2 选用,但是还应考虑结构形式、使用寿命等因素。中国建筑科学研究院针对不同类型再生骨料及其他骨料、不同水泥品种、不同矿物掺合料、不同混凝土强度等级等影响因素分别进行了系统试验,结果表明利用本规程第 6.3 节的配合比优化技术,即使采用低品质Ⅲ类再生骨料制备混凝土,也可明显改善其拌合物性能、力学性能和耐久性能,并符合设计和施工要求。部分验证试验数据见表 1。

表 1 利用Ⅲ类再生骨料制备的再生骨料混凝土各类性能指标

编号	B (kg/m ³)	W (kg/m ³)	FA (%)	RC (%)	RF (%)	坍落度 (mm)	28d 强度 (MPa)	抗冻 等级
I-34	313	175	30%	0	0	165	38.3	F100
I-38	321	180	30%	15	0	185	38.0	F100
I-42	330	185	30%	30	0	180	36.6	F100
I-46	321	180	30%	0	15	185	39.4	F100
I-47	330	185	30%	0	30	175	38.4	F100
I-51	321	180	30%	15	15	185	37.9	F100
I-53	330	185	30%	30	30	190	34.2	F100

注: B—胶凝材料; W—单位用水量; FA—粉煤灰; RC—再生粗骨料取代率; RF—再生细骨料取代率; 28d 强度是指抗压强度。

6.2.3 当再生骨料与天然粗细骨料或人工砂的表观密度之差大于 10% 时, 利用传统质量砂率会导致混凝土中砂浆体积出现较大变化, 进而影响混凝土拌合物性能。此时宜采用体积砂率计算配合比, 体积砂率可按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中的规定取值。

6.3 配合比试配、调整与确定

6.3.1 再生骨料混凝土配合比的试配、调整和确定原则与普通混

凝土相同。

6.3.2 本条规定了再生骨料混凝土配合比试配技术。由于再生骨料自身具有孔隙率高、吸水率大等特点,随着其取代率增加,再生骨料对混凝土拌合物中自由水的吸收总量增大,进而会降低坍落度等性能。因此,通过调整单位用水量,可对混凝土各种性能进行改善。中国建筑科学研究院的系统试验表明,再生骨料取代率每增加 15% 时单位用水量比基准混凝土增加 $3\text{kg}/\text{m}^3 \sim 6\text{kg}/\text{m}^3$, 同时在保持水胶比不变的情况下相应提高胶凝材料总量,即使采用低品质Ⅲ类再生骨料制备混凝土,也可明显改善其拌合物性能、力学性能和耐久性能。部分验证试验数据见本规程表 1。

6.3.3 再生骨料混凝土强度试验、配合比调整和校正与普通混凝土相同。现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 有详细规定。

6.3.4 本条规定了再生骨料混凝土最终配合比确定要求。即应满足混凝土拌合物性能、混凝土试配强度和设计提出的混凝土耐久性要求。

7 生产与施工

7.1 生 产

7.1.1 采用预拌混凝土生产方式更有利于控制再生骨料混凝土质量,现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 均有相关生产规定。

7.1.2 利用强制式搅拌机搅拌可提高工作效率和混凝土均质性,当再生骨料取代率增大时,可适当延长搅拌时间,以利于再生骨料在混凝土中均匀分散。

7.1.3 对再生骨料进行淋水或泡水预湿有利于提高搅拌效率和混凝土均质性。应当注意的是,因预湿增加的骨料含水量要累计到单位用水量,并保持总单位用水量不变。此外,本条对其技术操作和环境要求作出具体规定。

7.1.4 再生骨料混凝土生产用原材料计量允许偏差与普通混凝土相同,每班检查 1 次计量允许偏差可及时发现并避免计量偏差过大导致的混凝土性能变化,降低工程质量安全隐患。

7.1.5 再生骨料混凝土配合比的开盘鉴定与普通混凝土相同,并宜符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.2 运输与施工

7.2.1 与普通混凝土相比,再生骨料混凝土产生坍落度损失的几率更大,可通过配合优化和调整外加剂成分来改善。此外,当存在坍落度损失较大现象时,卸料前掺入适量减水剂并充分搅拌可提高坍落度。此时严禁通过加水来提高混凝土坍落度的方法,避免其对水胶比的降低和对混凝土各种性能的影响。

7.2.2 利用机械振捣方式,对再生骨料混凝土充分振捣密实并避免过振和欠振是提高结构混凝土耐久性能的重要技术内容。

7.2.3 对于有耐久性要求的再生骨料混凝土,应在浇筑成型后及时采取浇水保湿等养护措施,并应合理延长养护时间,以利于再生骨料混凝土的充分水化。

7.2.4 再生骨料混凝土的其他施工要求与普通混凝土相同,现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 有明确规定。

8 质量检验

8.1 一般规定

8.1.1 针对原材料主要控制项目,以及设计规定的混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能指标,加强再生骨料及其制备混凝土的质量检验是控制混凝土工程质量的重要手段。

8.1.2 本条规定了出厂检验和交货检验的分类及要求。

8.1.3 本条规定了再生骨料放射性检验频率。

8.2 原材料质量检验

8.2.1 原材料质量检验要求与普通混凝土相同。现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 均有详细规定。

8.2.2 本条规定了再生骨料进场检验批的划分。

8.2.3 本条规定了再生骨料及其他原材料的质量检验结果要求。

8.3 新拌混凝土性能检验

8.3.1 再生骨料混凝土拌合物性能检验与普通混凝土相同。本条规定了交货检验项目及其频率,并与相关标准协调一致。

8.3.2 本条规定了再生骨料混凝土拌合物性能检验结果要求。

8.4 硬化混凝土性能检验

8.4.1 本条规定了再生骨料混凝土强度检验和其他力学性能检验要求。

8.4.2、8.4.3 再生骨料混凝土耐久性能检验批、试验组数和耐久性能检验评定与普通混凝土相同,并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。

8.4.4 由于国家现行标准没有规定长期性能检验,所以再生骨料混凝土长期性能检验可参照现行行业标准《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。

8.4.5 本条规定了再生骨料混凝土力学性能、长期性能和耐久性检验结果要求。